

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

До захисту допущено

Завідувач кафедри

Ямшинський М.М.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“___” червня 2019р.

Дипломна робота
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»
(назва ОКР)

з напрямку підготовки 6.050402 Ливарне виробництво
(код та назва напрямку підготовки)

на тему: Технологічний процес виробництва виливка «Корпус
редуктора», та організація роботи формувального відділення
ливарного цеху

Виконав: студент IV курсу, групи ФЛ-51

Бичков Владислав Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник

асистент Лук'яненко І.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант

з охорони праці

к.т.н., доцент викладач Зацарний В.В.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант

з економічної частини

к.е.н, ст.викладач Нараєвський С.В.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант

з нормоконтролю

к.т.н., доц. Федоров Г.Є.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

Прилуцький М.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ 2019 р.

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Факультет Інженерно-фізичний

Кафедра Ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»

Напрямок підготовки 6.05040201 Ливарне виробництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

М.М. Ямшинський
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Бичкову Владиславу Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Технологічний процес виробництва виливка «Корпус редуктора», та організація роботи формувального відділення ливарного цеху
керівник проекту **Лук'яненко Іван Віталійович, асистент**

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 року №1408-с

2. Строк подання студентом проекту _____ 10 червня 2019 року _____

3. Вихідні дані до проекту 3.1 Номенклатура виливків ливарного цеху. 3.2 Креслення деталі «Корпус редуктора». 3.3 Серійність виробництва 4000 тонн придатних виливків за рік. 3.4 Матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки Реферат. Зміст. Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів. Вступ. Техніко-економічне обґрунтування та завдання на виконання дипломного проекту. 4.1 Аналіз виробничої програми. 4.2 Режим роботи цеху та фонди часу. 4.3 Проектування формувально-складально-заливально-вибивального відділення ливарного цеху. 4.4 Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка. 4.5 Проектування ливарного устаткування. 4.6 Організаційно-економічна частина. 4.7 Охорона праці. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу 5.1 Креслення плану формувально-складально-заливально-вибивального відділення ливарного цеху.

5.2 Креслення литої деталі з елементами ливарної форми. 5.3 Креслення технологічної оснастки для виготовлення виливка. 5.4 Креслення ливарної форми в складеному вигляді: розріз і план по розніму. 5.5 Креслення загального вигляду технологічного устаткування. 5.6 Порівняльні техніко-економічні показники формувально-складально-заливально-вибивального відділення ливарного цеху.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічна частина	Нараєвський С.В., к.е.н., ст. викладач		
Охорона праці	Зацарний В.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Переддипломна практика	15.04.19...19.05.19 р.	
2	Аналіз виробничої програми	24.05.19 р.	
3	Проектування формувально-складально-заливально-вибивального відділення ливарного цеху	28.05.19 р.	
4	Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка	31.05.19 р.	
5	Проектування ливарного устаткування	06.06.19 р.	
6	Виконання розділів «Організаційно-економічна частина» та «Охорони праці»	06.06.19 р.	
7	Графічна частина проекту	06.06.19 р.	
8	Оформлення пояснювальної записки	07.06.19 р.	
9	Рецензування дипломного проекту	10.06.19 р.	
10	Захист дипломного проекту	20.06.19 р.	

Студент

(підпис)

Бичков В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Лук'яненко І.В.

(прізвище та ініціали)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

[illegible]

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення
чавунного виливка «корпус редуктора», планування та організація
роботи формувального відділення ливарного цеху

Київ – 2019 року

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА
ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

Завданням даного дипломного проекту є розроблення формувального відділення ливарного цеху, розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Корпус редуктора» масою 10,2 кг з марки металу чавун СЧ15, проектування ливарного устаткування, розроблення та планування розділів з організації та економіки виробництва, охорони праці та екологічних норм.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ			
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ	Літера	Арк	Аркушів
Розробив	Бичков В.А.						6	114
Перевірів								
Н. Контр.	Федоров Г.Є.							
Затверд.								

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 114 стор., 32 табл., 16 посилань та 2 додатки.

Мета дипломного проекту – розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Корпус редуктора» та проектування формувального відділення потужністю 4000 тон придатних виливків за рік.

Об'єкт проектування – технологічний процес виготовлення виливка зі чавуна СЧ15 «Корпус редуктора» масою 10,2 кг литтям у разові піщано-глинясті форми.

Галузь використання – машинобудування, тощо.

Результати – розроблено технологію виготовлення виливка «Корпус редуктора» литтям у разові піщано-глинясті форми (ПГФ), також проведено основні розрахунки організаційно-економічних чинників та приділено увагу захисту навколишнього середовища та покращенню санітарно-гігієнічних умов робочого місця за рахунок використання останніх досягнень у галузі охорони праці.

ВИЛИВОК, ЧАВУН, ФОРМА, ФОРМУВАЛЬНА СУМІШ, ОПОКА,
ФОРМУВАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ, АВТОМАТИЧНА ЛІНІЯ, ІНЕРЦІЙНА
ГРАДКА

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ							
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ							
Розробив		Бичков В.А.										
Перевірив												
Н. Контр.		Федоров Г.Є.										
Затверд.						Літера		Арк		Аркушів		
								7		114		

ABSTRACT

Diploma project: 114 page, 32 table, 16 references and 2 annex.

The purpose of the diploma project is the development of the technological process for the production of the casting "gear housing" and the design of a molding-assembly-pouring and cutting unit with a capacity of 4000 tons of suitable castings per year.

The object of the design is the technological process of manufacturing GI15 cast iron «gear housing» weighing 10,2 kg by casting in one-time voluminous sandy-clay forms.

The sphere of use is mechanical engineering, etc.

The results - developed the technology of casting " gear housing " casting in one-time PGF, also carried out basic calculations of organizational and economic factors and paid attention to environmental protection and improvement of sanitary and hygienic conditions of the workplace through the use of recent advances in the field of occupational safety.

CASTING, PIG IRON, FORM, FORMULAR MIXTURE, OPPOSITION,
FORMAT SEPARATION, AUTOMATIC LINE, INERTIAL GRADE

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ			
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT			
Розроб		Бичков В.А.						
Перев								
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затверд.								
					Літера	Арк	Аркушів	
						8	114	

ЗМІСТ

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ	6
РЕФЕРАТ	7
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	13
ВСТУП	14
1 ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВДАННЯ І ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ВІДДІЛЕННЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ	15
1.1 Виробнича програма	15
1.2 Аналіз виробничої програми	18
1.3 Режим роботи і фонди часу	21
1.4 Тип і структура ливарного цеху.....	24
2 РОЗРАХУНОК ФОРМУВАЛЬНО-СКЛАДАЛЬНО-ЗАЛИВАЛЬНО-ВИБИВАЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ	25
2.1 Організація роботи формуально-складально-заливально-вибивального відділення	25
3 ДОПОМІЖНІ ВІДДІЛЕННЯ, ДІЛЬНИЦІ І СЛУЖБИ ЦЕХУ	35
3.1 Розрахунок енергетичних витрат у технологічному відділенні	35
3.1.1 Енергопостачання	35
3.1.2 Стиснене повітря	37
3.1.3 Розрахунок витрат води.....	38
3.1.4 Розрахунок витрат газу.....	39
3.1.5 Розрахунок витрат теплоти.....	39

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ							
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб		Бичков В.А			ЗМІСТ			Літера	Арк	Аркуші		
Перев										9	114	
Н. Контр.		Федоров Г.Є.										
Затверд.												

3.2 Розрахунок будівельної частини	40
4 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ	
ВИЛИВКА	41
4.1 Розроблення технології виготовлення ливарної форми.....	41
4.1.1 Загальна характеристика литої деталі.....	41
4.1.2 Аналіз можливих способів виготовлення виливка	42
4.1.3 Обґрунтування положення виливка у формі.....	43
4.1.4 Усадка сплаву	45
4.1.5 Визначення припусків на механічне оброблення	45
4.1.6 Визначення кількості та конструкції стрижнів.....	47
4.1.7 Розрахунок розмірів опок.....	48
4.1.8 Конструкція ливникової системи та підведення металу	50
4.1.9 Розрахунок площ перетинів ливникової системи	51
4.1.10 Характеристика модельного комплекту	55
4.1.11 Вибір формувальних і стрижневих сумішей.....	56
4.1.12 Технологія приготування сумішей	58
4.1.13 Технологія виготовлення та складання форми.....	60
4.1.14 Технологія виготовлення стрижнів	61
4.1.15 Способи попередження прилипання суміші до моделі та стрижневого ящика.....	61
4.1.16 Способи попередження пригару з боку форми та стрижнів.....	62
4.1.17 Режими охолодження залитих форм	62
4.1.18 Розрахунок підйимальної сили, що діє на верхню півформу	63
4.1.19 Розрахунок витрат формувальних матеріалів на тону придатного литва	66
4.1.20 Розрахунок виходу придатного литва	68
4.2 Розроблення технологічного процесу виплавлення металу та заливання форм.....	69

4.2.1	Характеристика використовуваного сплаву.....	69
4.2.2	Шихтові матеріали та їх підготовка	69
4.2.3	Вибір плавильного агрегату	70
4.2.4	Технологічний процес плавлення	71
4.2.5	Розрахунок температури розплаву перед випусканням із печі	71
4.3	Вибір технологій вибивання форм і фінішних операцій	72
4.3.1	Вибивання виливків та стрижнів з ливарної форми	72
4.3.2	Відокремлення елементів ливникової системи від виливків	73
4.3.3	Контроль якості продукції.....	73
4.3.4	Термічне оброблення виливків.....	74
5	ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ	75
5.1	Призначення машини та межі її використання	75
5.2	Загальна схема.....	75
5.3	Розрахунок основних конструктивних і технологічних параметрів	77
5.4	Визначення кутової швидкості валу вібратора	77
5.5	Визначення числа обертів валу вібратора	78
5.6	Розрахунок величини збуджувальної сили.....	79
5.7	Розрахунок маси неврівноважених вантажів	79
5.8	Визначення сумарної жорсткості пружини	80
5.9	Визначення жорсткості однієї пружини	80
5.10	Перевірочний розрахунок пружини на стискання, при максимальному зусиллі на пружину	81
5.11	Визначення потужності електродвигуна приводу градки	81
5.12	Правила експлуатації машини.....	82
6	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	83
6.1	Організаційна частина	83
6.1.1	Розрахунок чисельності виробничих робітників	83

6.1.2	Визначення фонду заробітної плати.....	86
6.1.3	Розрахунок продуктивності праці	88
6.2	Економічна частина	89
6.2.1	Розрахунок капітальних вкладень	89
6.2.2	Витрати на паливо та енергію	93
6.2.3	Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	94
6.2.4	Загальновиробничі витрати	95
6.2.5	Витрати внаслідок технічно неминучого браку та інші виробничі витрати	95
6.2.6	Адміністративні витрати.....	96
6.2.7	Витрати на підготовку та освоєння нового виробництва	96
6.2.8	Позавиробничі витрати на збут продукції	97
6.2.9	Складання планової калькуляції собівартості продукції	97
6.3	Оцінка ефективності проектних рішень	99
7	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	103
7.1	Вступ.....	103
7.2	Правові та організаційні питання охорони праці на підприємстві.....	103
7.3	Аналіз параметрів приміщення.....	104
7.4	Аналіз мікроклімату цеху.....	104
7.5	Аналіз освітленості приміщення.....	105
7.6	Шум і вібрація.....	106
7.7	Аналіз загазованості та запиленості.....	107
7.8	Електробезпека	108
7.9	Пожежна безпека	109
ВИСНОВКИ		
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		
ДОДАТКИ		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ХТС – холоднотвердна суміш;

Н – ньютон;

с – секунда;

мм – міліметр;

см – сантиметр;

хв – хвилина;

год – година;

° – градус;

ДСТУ – Держаний стандарт України;

ПГФ – піщано-глинясті форми;

ІСТ – індукційна сталеплавильна піч;

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ			
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	Літера	Арк	Аркушів
Розроб		Бичков В.А.					13	114
Перев								
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затверд.								

ВСТУП

У наші часи, де все максимально можливо автоматизується, аби полегшити життя людині, ніяк не обійтись без деталей до цих механізмів, які в свою чергу виготовляються з металів. Кожну деталь потрібно виготовити, для цього людина освоїла металургію.

У даній роботі розглядається проектування ливарного відділення потужністю цеху 4000 т придатних виливків за рік, розроблення технології виготовлення деталі «Корпус редуктора», яка слугує запчастиною у двигунах. Розглянуті процеси, устаткування для виготовлення номенклатури деталей.

					ФЛ51.4111.1110.001ПЗ						
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб		Бичков В.А.			ВСТУП			Літера	Арк	Аркушів	
Перев										14	114
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затверд.											

1.ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВДАННЯ І ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ВІДДІЛЕННЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

1.1 Виробнича програма

Відділення цеху для відпуску 4000 т. придатного литва на рік призначений для виробництва малогабаритних деталей для транспортних засобів.

Дане відділення для проектування, відноситься до відділення серійного виробництва де номенклатура виливків не більше 200 найменування (табл. 1.1) і їх серійність не менше за 1000 шт. на річний цикл виробництва [1]

Номенклатуру виливків поділяємо на 2-ві групи:

- 1 – маса до 20кг;
- 2 – маса понад 20 кг.

Для виконання плану виробництва річної програми випуску литих виробів в цеху необхідно виготовити певну кількість деталей. Для відділення, яке проектується, кількість виробів визначають за формулою:

$$K = \frac{\Pi}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (1.1)$$

де Π – потужність ливарного цеху: $\Pi = 4000$ т.;

m_i – маса металу, яка необхідна для виготовлення і-го виробу, кг.

$$\sum_{i=1}^n m_i = 391,02 \text{ кг}$$

$$K = 4000000/391,02 = 10229 \text{ од.}$$

					Ф/151.5102.1110.005ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бичков В.А.			Обґрунтування технології виготовлення виливка	Лит.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Лук'яненко І.В.						
Н. Контр.						НТУУ «КПІ», ІФФ, Ф/І-51		
Затв.								

Зем.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата

$\Phi/151.5102.1110.005713$	Ap_{κ}
-----------------------------	---------------

	A.
--	----

Знач.														
Арк.														
№ докум.														
Підпис														
Дата														
Ф/151.5102.1110.005713			13	ФЛ-5113	Каток шпори́стий	СЧ15	19,9	16,6	1	19,9	400	77		
			14	ФЛ-5114	Корпус редуктора	СЧ15	12,4	10,2	1	12,4	266	192	151	
			15	ФЛ-5115	Диск сколювач	СЧ20	15	12,5	1	15	470	75		
			16	ФЛ-5116	Колосникова решітка	СЧ20	4,8	3,8	2	9,6	300	205	7	
			17	ФЛ-5117	Колосникова решітка круга	СЧ20	4,9	3,9	1	4,9	310	280	7	
			18	ФЛ-5118	Колосник одинарний	СЧ20	0,7	0,55	1	0,7	300	28	7	
			19	ФЛ-5119	Колосник одинарний	СЧ20	1,4	1,2	10	14	400	30		
			20	ФЛ-5120	Колосник одинарний	СЧ20	0,78	0,65	4	3,12	350	28		
			21	ФЛ-5121	Засувка	СЧ20	3,4	2,9	2	6,8	335	180	15	
			22	ФЛ-5122	Диск Ущільнювач	СЧ20	29,2	24,6	1	29,2	450	100		
			Всього	-	-	-	328,58	-	-	390,02	-	-	-	

Арк.	
------	--

1.2 Аналіз виробничої програми

Взявши дані з таблиці 1.1 розраховуємо та складаємо точну виробничу програму ливарного цеху (таб. 1.2).

Маючи основні необхідні дані, такі як: маса, матеріал, кількість на один виріб з таб. 1.1 підтягуємо їх до таб. 1.2. де потрібно розрахувати масу деталі, к-сть їх на одиницю виробу в одиницях виміру кілограм, а також розрахувати річну програму випуску виливкі.

Для визначення маси виробу потрібно вирахувати 10 % від маси готового виливка.

Вагу виливків на один виріб визначаємо за допомогою операції множення к-сті кожної деталі на її масу.

Для визначення загальної к-сті виробів, необхідно річну кількість виробів, перемножити на к-сть деталей на виріб. Отримавши необхідні цифри, визначаємо річну кількість виливків на основні вироби. Таким самим методом знаходимо вагу у тонах.

Число в рядку «Всього» повинно відповідати потужності цеху, що задане у завданні.

Для власних потреб приймаємо 10% від проектування потужності ливарного цеху;

$$X = P_{\text{отр}} \cdot 0,1 = 3949 \cdot 0,1 = 395 \text{ т} \quad (1.2)$$

де $P_{\text{отр}}$ – річна програма випуску виливків, т.

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Подетальна виробнича програма ливарного цеху

Індекс позиції	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал випівка	Маса випівки, кг	Маса деталі, кг	Кількість деталей на 1 виріб	Маса випівків на один виріб, кг	Річна програма випуску випівків						
								На основні		На запасні частини			Всього	
								шт.	т	%	шт.	т	шт.	т.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Випівки до 20 кг														
1	ФЛ-5101	Колосник одинарний	СЧ20	0,7	0,55	1	0,7	9206	6,44427	10	921	0,64443	10127	7,088697
2	ФЛ-5102	Колосник одинарний	СЧ20	0,78	0,65	4	3,12	36828	28,72584	10	3683	2,87258	40511	31,598424
3	ФЛ-5103	Колосник одинарний	СЧ20	1,4	1,2	10	14	92061	128,8854	10	9206	12,8885	101267	141,77394
4	ФЛ-5104	Засувка	СЧ20	3,4	2,9	2	6,8	18412	62,60148	10	1841	6,26015	20253	68,861628
5	ФЛ-5105	Колосникова решітка пошилена	СЧ20	4,4	3,5	4	17,6	36824	162,02736	10	3682	16,2027	40507	178,230096
6	ФЛ-5106	Колосникова решітка	СЧ20	4,8	3,8	2	9,6	18412	88,37856	10	1841	8,83786	20253	97,216416
7	ФЛ-5107	Колосникова решітка кругла	СЧ20	4,9	3,9	1	4,9	9206	45,10989	10	921	4,51099	10127	49,620879
8	ФЛ-5108	Дверка топочна	СЧ15	6,1	4,9	2	12,2	18412	112,31442	10	1841	11,2314	20253	123,545862
9	ФЛ-5109	Плита глуха	СЧ15	9,2	7,7	2	18,4	18412	169,39224	10	1841	16,9392	20253	186,331464
10	ФЛ-5110	Дверка спарена	СЧ15	9,8	7,9	2	19,6	18416	180,47484	10	1842	18,0475	20257	198,522324
11	ФЛ-5111	Корпус редуктора	СЧ15	12,4	10,2	1	12,4	9207	114,1668	10	921	11,4167	10128	125,58348
12	ФЛ-5112	Плита глуха	СЧ15	14,1	11,7	1	14,1	9206	129,80601	10	921	12,9806	10127	142,786611
13	ФЛ-5113	Диск сколювач	СЧ20	15	12,5	1	15	9206	138,0915	10	921	13,8092	10127	151,90065
14	ФЛ-5114	Плита однокафорна	СЧ25	15,9	12,7	1	15,9	9206	146,37699	10	921	14,6377	10127	161,014689
15	ФЛ-5115	Каток шпористий	СЧ15	19,9	16,6	1	19,9	9205	183,18348	10	921	18,3183	10126	201,501828

Ф/15.1502.110.00573

Ар
к.

Виливки понад 20кг														
16	ФЛ-5116	Плита глуха	СЧ15	21	17,5	1	21	9206	193,3281	10	921	19,3328	10127	212,66091
17	ФЛ-5117	Плита з візерунком	СЧ15	21	17,5	1	21	9206	193,3281	10	921	19,3328	10127	212,66091
18	ФЛ-5118	Плита двохкаморна	СЧ25	21,4	17,1	1	21,4	9206	197,01054	10	921	19,7011	10127	216,711594
19	ФЛ-5119	Плита глуха	СЧ25	21,9	17,5	1	21,9	9206	201,61359	10	921	20,1614	10127	221,774949
20	ФЛ-5120	Чавунні дверки	СЧ15	22,3	18,1	1	22,3	9208	205,33617	10	921	20,5336	10129	225,869787
21	ФЛ-5121	Диск ущільнювач	СЧ20	29,2	24,6	1	29,2	9212	268,9758	10	921	26,8976	10133	295,87338
22	ФЛ-5122	Противага колісна	СЧ15	69	57,5	1	69	9206	635,2209	10	921	63,5221	10127	698,74299
Всього			-	328,58	270,5	42	390,02	386671	3590,8	220	38667	359	425338	3949,9

Ф/15.15102.1110.005713

Ар
к.

1.3 Режим роботи цеху і фонди часу

На підставі аналізу виробничої програми, а також характеристики виробничого процесу – встановлюють такий режим роботи.

Виходячи з потужності відділення (4000 т. придатного литва на рік) та маси виливків виливків, що у ньому виготовляють (до 70 кг), встановлюємо паралельний режим роботи:

- Формування з локалізованою вибивною дільницею, що здійснюють за паралельним двозмінним режимом;
- Складання форм
- Заливання форм [1].

Відповідно до даного режиму роботи, встановлюємо фонди часу роботи як устаткування, так і робітників. При визначенні фондів часу виходять з кількості робочих днів, і вихідних відповідно, а також тривалості робочого дня [1]

Фонди часу роботи устаткування та робітників:

- Календарний час $\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760$ год;
 - Номінальний фонд часу Φ_n – час який машина/механізм працює без відрахувань втрат часу;
 - Φ_d – час, протягом якого, устаткування виконує повний цикл своєї роботи
- Робочий тиждень: 40-годинний робочий тиждень; кількість робочих днів протягом року становить – 250 робочих днів.

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Номінальний фонд часу розраховують за формулою:

$$\Phi_{\text{н}} = C \cdot \Gamma \quad (1.3)$$

де C – кількість робочих днів у році;

Γ - кількість годин, яка залежить від кількості змін, 1 зміна = 8 годин.

$$\Phi_{\text{н}} = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

Для двозмінного режиму $\Phi_{\text{н}} = 250 \cdot 16 = 4000 \text{ год}$

Дійсний фонд часу визначається відніманням від номінального непередбачуваних втрат, утрати часу на освоєння виробництва. Дійсний фонд часу розраховується за формулою:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} - B \quad (1.4)$$

де B – витрати часу на освоєння виробництва, а також форс-мажорні обставини, $B = 40 \text{ год}$

Тоді враховуючи все вище перераховане, отримуємо:

$$\Phi_{\text{д}} = 2000 - (4 \cdot 40) = 1800 \text{ год}$$

Всі дані щодо режиму роботи цеху і фондів часу зведено до таблиці 1.3.

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 Режим роботи ливарного цеху та фонди часу

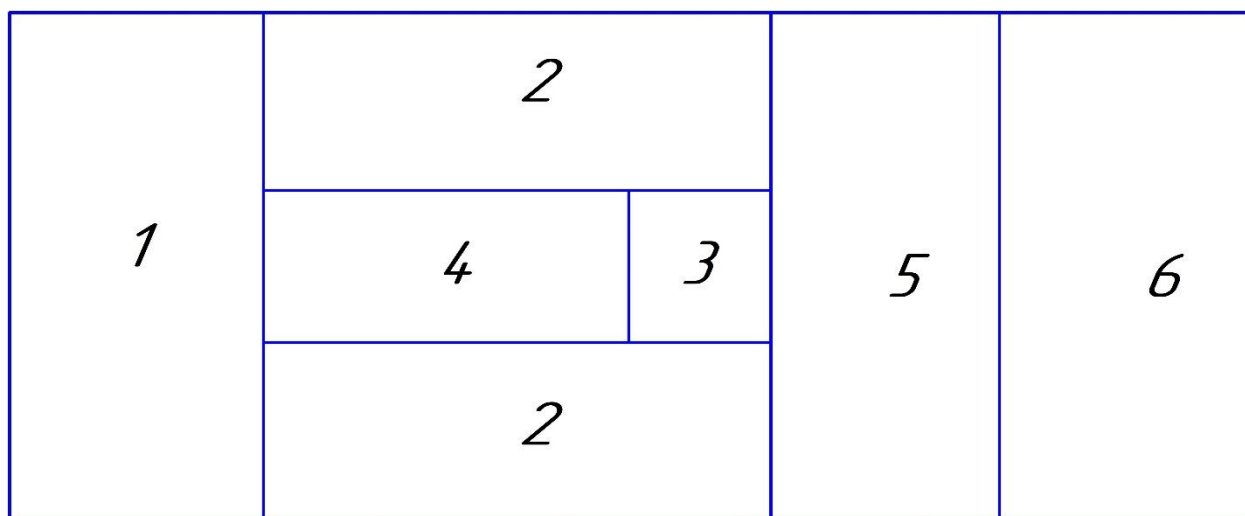
Індекс позиції	Назва відділення, дільниці, устаткування	К-сть робочих змін на добу	Дійсний річний фонд часу роботи, год	
			Устаткування	Робітника
1	2	3	4	5
1	Плавильне відділення з дільницею підготовки шихти	2	3680	1840
2	Формувальне відділення	2	3680	1840
3	Сумішоприготувальне відділення з бункерами для вихідних матеріалів і бункерами відстійниками	2	3680	1840
4	Стрижневе відділення із складами зберігання стрижнів і стрижневих ящиків	2	3680	1840
5	Відділення фінішних операцій	2	3680	1840
	Дільниця термічного оброблення	2	3680	1840
6	Склади	3

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Тип і структура ливарного цеху

З урахуванням характеру виробництв цеху і скудної номенклатури виливків проектування виконують за програмою, що наведена в табл. 1.2.

На малюнку 1.1 відтворене компонування ливарного цеху, яке відносять до цехів серійного виробництва, і з ним ми будемо в подальшому працювати



1 – плавильне відділення і склад шихтових матеріалів; 2 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення; 3 – сумішоприготувальне відділення; 4 – стрижневе відділення; 5 – відділення фінішних операцій; 6 – склад готової продукції

Рисунок 1.1 – Схема компонування ливарного цеху, що проектується [1].

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРАХУНОК ФОРМУВАЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ

2.1 Організація роботи формувального відділення

Призначення відділення полягає у виготовленні напівформ у парних опоках, складанні, заливанні, охолодженні та вибиванні форм. Операція формування є найбільш трудомісткою з усіх видів робіт що виконуються на ливарному підприємстві.

Для того, щоб розрахувати відділення необхідно розрахувати річну кількість форм яку необхідно виготовити, результати розрахунків зведено до таблиці 2.1.

Розміри опок у просвіті вибираємо згідно з ГОСТ 2133-75 відповідно до габаритних розмірів виливків та їх кількості у формі, що будуть виготовляти у даному відділені.

					Ф/151.5102.1110.005ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бичков В.А.			Обґрунтування технології виготовлення виливка	Літ.	Аркуш	Архив
Перев.		Лук'яненко І.В.					7	
						НТУУ «КПІ», ІФФ, Ф/1-51		
Н. Контр.								
Затв.								

Таблиця 2.1 Визначення річної кількості форм

Індекс позиції	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал ливання	Маса виливка, кг		Внутрішні розміри опок (L*B*H) мм	Кількість виливків у формі, шт	Маса виливків у формі, кг	Кількість форм за рік, шт	Об'єм форми, м³	
				одного	на програму					Однієї	На річну програму
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Виливки до 20кг											
1	ФЛ-5101	Колосник одинарний	СЧ20	0,7	7088,697	800x700x150/150	24	16,8	422	0,168	70,89
2	ФЛ-5102	Колосник одинарний	СЧ20	0,78	31598,424		24	18,72	1688	0,168	283,58
3	ФЛ-5103	Колосник одинарний	СЧ20	1,4	141773,94		12	16,8	8439	0,168	1417,74
4	ФЛ-5104	Засувка	СЧ20	3,4	68861,628		6	20,4	3376	0,168	567,10
5	ФЛ-5105	Колосникова решітка посилена	СЧ20	4,4	178230,1		6	26,4	6751	0,168	1134,19
6	ФЛ-5106	Колосникова решітка	СЧ20	4,8	97216,416		6	28,8	3376	0,168	567,10
7	ФЛ-5107	Колосникова решітка кругла	СЧ20	4,9	49620,879		4	19,6	2532	0,168	425,32
8	ФЛ-5108	Дверка топочна	СЧ15	6,1	123545,86		4	24,4	5063	0,168	850,64
9	ФЛ-5109	Плита глуха	СЧ15	9,2	186331,46		3	27,6	6751	0,168	1134,19
10	ФЛ-5110	Дверка спарена	СЧ15	9,8	198522,32		2	19,6	10129	0,168	1701,62
11	ФЛ-5111	Корпус редуктора	СЧ15	12,4	125583,48		4	49,6	2532	0,168	425,36
12	ФЛ-5112	Плита глуха	СЧ15	14,1	142786,61		2	28,2	5063	0,168	850,64
13	ФЛ-5113	Диск сколювач	СЧ20	15	151900,65		1	15	10127	0,168	1701,29
14	ФЛ-5114	Плита однокамфорна	СЧ25	15,9	161014,69		1	15,9	10127	0,168	1701,29
15	ФЛ-5115	Каток шпористий	СЧ15	19,9	201501,83		1	19,9	10126	0,168	1701,12

Ф/151.5102.1110.005173

Ар
к.

Продовження таб. 2.1

Виливки понад 20кг											
16	ФЛ-5116	Плита глуха	СЧ15	21	212660,91	1500x950x100/100	4	84	2532	0,285	721,5
17	ФЛ-5117	Плита з візерунком	СЧ15	21	212660,91		4	84	2532	0,285	721,5
18	ФЛ-5118	Плита двохкаморна	СЧ25	21,4	216711,594		4	85,6	2532	0,285	721,5
19	ФЛ-5119	Плита глуха	СЧ25	21,9	221774,949		4	87,6	2532	0,285	721,5
20	ФЛ-5120	Чавунні дверки	СЧ15	22,3	225869,787		4	89,2	2532	0,285	721,7
21	ФЛ-5121	Диск ущільнювач	СЧ20	29,2	295873,38		4	116,8	2533	0,285	722,0
22	ФЛ-5122	Противага колісна	СЧ15	69	698742,99	-	2	138	5063	0,285	1443,1
Усього			-	328,58	3949871,51		89	972,36	127431	4,515	23778,34

Ф/151.5102.1110.005173

Ар
к.

Для початку є необхідність визначити к-сть форм на кожній автоматичній лінії, яка працює у кожній масовій групі категорії. Для цього використаємо наступну формулу:

$$Q = B_n / \Phi_d \quad (2.1)$$

де B_n - к-сть форм необхідних для виконання річного плану на окремо взятій лінії

Φ_d - дійсний фонд часу роботи формувального відділення, год.

Дійсний фонд часу виконання робочих процесів формувального відділення згідно з таблицею 1.3 складає 3680 годин.

$$Q_1 = 107200 / 3680 = 29 \text{ шт/год};$$

$$Q_2 = 20255 / 3680 = 6 \text{ шт/год}.$$

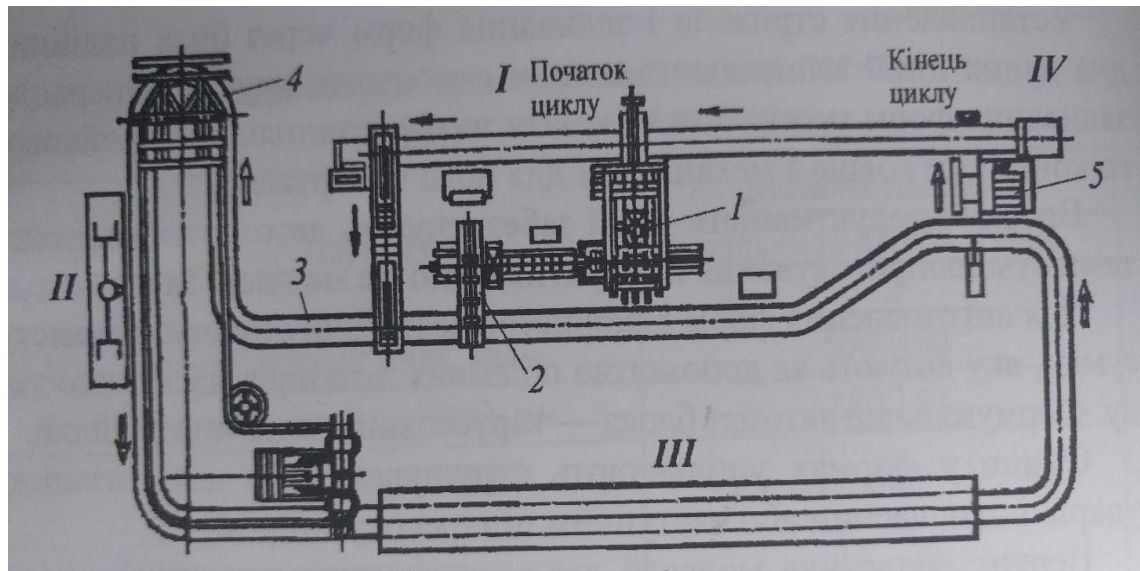
Обчислені дані заносимо до табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Зведена відомість кількості форм

Потокова лінія	Група виливків за масою, кг	Внутрішні розміри опок (LxBxH), мм	Річний Випуск		Середньогодинна кількість форм, шт
			Виливків, т	Форм, шт	
1	2	3	4	5	6
1	до 20 кг	800x700x150x150	1865,577	107200	29
2	понад 20кг	1800x950x100/100	2084,2945	20255	6

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання річної програми виробництва при виготовленні виливків масової групи до 20кг., вибираємо автоматичну формувальну лінію КЛ91265СМ, схема якої зображена на рисунку 2.1, а технічні характеристики якої наведені в таблиці 2.3.



I – ділянка формування; II – ділянка заливання форм; III – ділянка охолодження виливків; IV – ділянка вибивання форм; 1 – однопозиційний прохідний формувальний блок; 2 – перестановник форм; 3 – ливарний візковий конвеєр; 4 – навантажувач форм; 5 – вібраційна вибивальна установка

Рисунок 2.1 – Схема автоматичної формувальної лінії КЛ91265СМ [2]

Цикл виготовлення форм має такий алгоритм дій [1]:

- Зіштовхування комплекту порожніх опок з візків ливарного конвеєра, який рухається безперервно;
- Роз'єднування опок;
- Послідовне виготовлення верхньої та нижньої півформ;
- Встановлення півформ на супутниковий конвеєр для встановлення стрижнів;
- Складання форм і передавання їх на ливарний конвеєр;
- Навантаження форм;

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Заливання форм розплавом і знімання з них вантажів;
- Охолодження виливків у формі і їх вибивання

Режим роботи автоматичної лінії – налагоджуваний та автоматичний.

Дистанційне управління технологічним процесом розміщується на центральному пульті. Стрижні проставляють у форму в ручну [3].

					Ф/151.5102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика формувальної лінії КЛ91265СМ[2]

Індекс позиції	Параметр	Числове значення
1	Робочі розміри опок - довжина - ширина - висота	800 700 300
2	Продуктивність, форм/год	60
3	Середня металоємкість форми, кг.	30 ... 50
4	Кількість робітників, що одночасно обслуговують лінію (в одну зміну	3
5	Тиск пресування, МПа	0,52
6	Витрати формувальної суміші, м ³ /год	44.6
7	Кількість комплектів опок на лінію, шт	240
8	Кількість модельних комплектів на лінію, шт	1
9	Потужність, кВт	46,9
10	Габаритні розміри формувальної лінії, мм: - довжина - ширина -висота	27300 9750 4800
11	Маса комплекту, т	82

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість формувальних ліній визначають за формулою:

$$N = \frac{B_p}{K_6 \cdot \Phi_d \cdot q}, \quad (2.2)$$

де B_p – к-сть форм, які необхідно виготовити за річною програмою на окремо взятій лінії, шт;

K_6 – Коефіцієнт браку ($K_6 = 0,94 \dots 0,96$);

Φ_d – дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

q – тактова продуктивність лінії, форм/год, $q = 60$ форм/год;

Розрахунок здійснюється для відділення, що виготовляє виливки в масовій групі до 20 кг.

За формулою (2.2) визначаємо:

$$N = \frac{107176}{0,96 \cdot 3680 \cdot 60} = 0,65$$

За отриманим результатом з'ясовано, що для покриття виробничих потреб виготовлення виливків достатньо однієї автоматичної лінії, яка буде працювати у середньому режимі.

Коефіцієнт завантаження визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{N}{P} \quad (2.3)$$

де P – прийнята кількість формувальних ліній відповідно до розрахованої.

Отримані дані заносимо до таблиці 2.4.

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм.

Адк.

№ докум.

Підпис

Дата

Ф/І5.1.5.102.1110.005713

Арк.

Таблиця 2.4 – Кідбкість формувальних ліній

Потокова лінія, або дільниця	Найменуван ня виливків у групі литва	Внутрішні робочі розміри опок, мм	Середньо- годинна кількість форм, шт	Модель автоматичної лінії	Продуктивність формувної лінії	Кількість формувальних ліній		Коефіцієнт завантаження K _з
						Розрахунков а	Прийнята	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	до 20 кг	800x700x150/150	29	КЛ91265СМ	60	0,65	1	0,65

Розрахувавши та вибравши формувальну лінію, заносимо дані в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 – Завантаження формувальних ліній

Індекс	Параметр	Одиниці виміру	Номер форм. лінії
			1
1	Група литва	-	Чавун
2	Річний випуск литва	т	3950
3	Розмір опок	Мм	800x700x150x150
4	Кількість форм за годину:		
	- Середньогодинна на програму	шт.	29
	- при повному завантаженні формуальної лінії	шт.	60
5	Кількість пів форм на платформі	шт	160

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ДОПОМІЖНІ ВІДДІЛЕННЯ, ДІЛЬНИЦІ І СЛУЖБИ ЦЕХУ

3.1 Розрахунок енергетичних витрат у технологічному відділенні

3.1.1 Енергопостачання

Енергетичні витрати в технологічному відділенні складаються з потреб в електроенергії, воді, стиснутому повітрі, парі, паливі [1].

Електроенергія в формувальному відділенні витрачається на освітлення, силові установки та технологічні потреби [1].

Загальні витрати електроенергії на виробництво виливків складають:

$$W = (W_T + W_c + W_o) \cdot k, \quad (3.1)$$

де W_T – річні втрати електроенергії на технологічні потреби, кВт·год;

W_c – річні втрати електроенергії на електроприводи силового устаткування, кВт·год;

W_o – річні витрати електроенергії на освітлення, кВт·год;

k – коефіцієнт утрат електроенергії в мережі ($k = 1,05$).

Річні витрати електроенергії на електроприводи силового устаткування безперервної дії розраховуємо за наступною формулою:

$$W_{c.б.} = \Sigma P_n \cdot \Phi_d \cdot \eta, \quad (3.2)$$

де $W_{c.б.}$ – річні витрати електроенергії на електроприводи силового устаткування безперервної дії, кВт·год;

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ						
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДОПОМІЖНІ ВІДДІЛЕННЯ, ДІЛЬНИЦІ І СЛУЖБИ ЦЕХУ			Літера	Арк	Аркуші	
Розроб		Бичков В.А								35	114
Перев											
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затверд.											

$\Sigma P_{\text{п}}$ – сумарна моторна потужність устаткування, кВт;

$\Phi_{\text{д}}$ – дійсний річний фонд роботи устаткування, год;

η – коефіцієнт використання потужності ($\eta = 0,75$).

Підставивши дані, отримаємо:

$$W_{\text{с.б.}} = 46,9 \cdot 3680 \cdot 0,61 = 105300 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для устаткування, яке працює періодично (мостовий кран), витрати електроенергії визначаємо за формулою:

$$W_{\text{с.п.}} = \Sigma P_{\text{п}} \cdot t \cdot n \cdot \eta, \quad (3.3)$$

де $\Sigma P_{\text{п}}$ – сумарна потужність приводів устаткування, 60 кВт;

t – тривалість робочого циклу устаткування, 8 год;

n – річна кількість циклів устаткування, 220 шт;

η – коефіцієнт використання потужності ($\eta = 0,61$).

Підставивши значення, отримаємо:

$$W_{\text{с.п.}} = 60 \cdot 8 \cdot 220 \cdot 0,61 = 64400 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Витрати електроенергії на освітлення розраховуємо за формулою:

$$W_{\text{о}} = 0,001 \cdot \rho \cdot F \cdot \Phi_{\text{о}}, \quad (3.4)$$

де ρ – середні витрати електроенергії за 1 год на 1 м² площі, приймаємо,
 $\rho = 25 \text{ Вт}$;

F – площа, яка освітлюється, 1450 м²;

$\Phi_{\text{о}}$ – річна кількість освітлюваного навантаження, 2400 год;

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши, отримаємо:

$$W_o = 0,001 \cdot 25 \cdot 1450 \cdot 2400 = 87000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Загальні витрати за рік становлять:

$$W = (105300 + 64400 + 87000) \cdot 1,05 = 269500 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

3.1.2 Стиснене повітря

Витрати стисненого повітря на одиницю устаткування визначають за формулою:

$$Q_{\text{с.п.}} = q \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot \eta, \quad (3.5)$$

де q – середньогодинні витрати стисненого повітря, $\text{м}^3/\text{год}$;

$\Phi_{\text{д}}$ – дійсний річний фонд часу устаткування, год;

η – коефіцієнт використання стисненого повітря, $\eta = 0,85$;

Середньогодинні витрати стисненого повітря розраховуємо за формулою:

$$q = q_1 \cdot n, \quad (3.6)$$

де q_1 – витрати стисненого повітря на одну півформу, $\text{м}^3/\text{год}$;

n – кількість півформ, виготовлених за годину, шт.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Звідси:

$$q = 1,5 \cdot 120 = 180 \text{ м}^3/\text{год}$$

Підставивши значення у формулу (3.5), отримаємо:

$$Q_{\text{с.п.}} = 180 \cdot 3680 \cdot 0,85 = 563000 \text{ м}^3$$

Розрахункову річну потребу стисненого повітря збільшують з урахуванням витрат стисненого повітря:

$$Q_{\text{с.п.р.}} = (1,5 \dots 1,8) Q_{\text{с.п.}}, \quad (3.7)$$

$$Q_{\text{с.п.р.}} = 1,65 \cdot 563000 = 929000 \text{ м}^3$$

3.1.3 Розрахунок витрат води

Витрату води на технологічні потреби визначаємо з урахуванням витрат на 1 т придатного литва за формулою:

$$V_{\text{о.у.}} = R \cdot G, \quad (3.8)$$

де R – норма витрати води на технологічні потреби на 1 т литва, м^3 .

$$R = 13 \text{ м}^3$$

$$V = 13 \cdot 4000 = 52000 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Витрати води на побутові потреби визначаємо за “Санітарними нормами проектування промислових підприємств” (СН245-71) у таких кількостях: – на господарчо-питні потреби – 45 л на 1 особу протягом зміни; – поливання і миття підлоги – 3 л на 1 м^2 за добу [4]

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.4 Розрахунок витрат газу

Сумарні витрати газу:

$$P = 1,17 \cdot M \cdot G, \quad (3.9)$$

де M – маса умовного виливка (середнє арифметичне), кг;

G – річний випуск придатного литва, т.

$$P = 1,17 \cdot 8.2 \cdot 4000 = 38400 \text{ м}^3$$

3.1.5 Розрахунок витрат теплоти

Витрати теплоти:

$$T = V_{\text{в}} \cdot q, \quad (3.10)$$

де $V_{\text{в}}$ – об'єм відділення, м^3 ;

q – кількість теплоти для опалення будівель, приймаємо 130 Вт/м^3 .

$$T = 16800 \cdot 130 = 2184000 \text{ Вт/м}^3$$

3.2 Розрахунок будівельної частини

Формувальне відділення розміщене в одноповерховій будівлі та має розміри $54 \times 24 \times 10$ м. Колони та стіна слугують в ньому носійними конструкціями.

Крок колон по периметру будівлі 6 м. Фундамент під колони виконують із залізобетонної ступінчастої конструкції і підколонника.

Для покрівлі відділення застосовуємо трапецієподібні ферми. Зверху на них укладають плити. Покрівлю виконуємо багат шаровою з водостійкого матеріалу, який укладаємо з використанням бітумної мастики на шар утеплювача із скловати. Як стіновий матеріал використовуємо керамзитобетонні панелі [5].

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

4.1 Розроблення технології виготовлення ливарної форми

4.1.1 Загальна характеристика литої деталі «Корпус редуктора»

Геометрія литої деталі повинна відповідати усім стандартам, а також забезпечувати необхідні експлуатаційні характеристики при заданій масі і точності. Також враховуючи технологію виготовлення, бути ергономічною, технологічною, а також зручною для оброблення, виготовлення, та експлуатації.

У даному випадку деталь «Корпус редуктора» має такі геометричні розміри:

- висота 196 мм;
- довжина 266 мм;
- ширина 151 мм.

Маса деталі становить 10,2 кг; а виливка $M_v = 10,2 \cdot 1,2 = 12,4$ кг.

Даний виливок виготовляється із чавуну марки СЧ15, і має такий хімічний склад, який наведений у табл. 4.1

Таблиця 4.1 Масова частка хімічних елементів чавуну СЧ15 відповідно ГОСТ 1412-85

Марка чавуну	Масова частка хімічних елементів, %				
	Вуглець	Кремній	Марганець	Фосфор	Сірка
				Не більше	
СЧ 15	3,5 – 3,7	2,0 – 2,4	0,5 – 0,8	0,2	0,15

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ			
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА			
Розроб	Бичков В.А.							
Перев								
Н. Контр.	Федоров Г.Є.							
Затверд.								
					Літера	Арк	Аркушів	
						41	114	

Кількість таких виливків для виконання необхідної річної норми складає 10 128 шт/рік. (див. табл. 1.1) Така кількість виливків, даної масової групи, підпадає під визначення серійного виробництва

За формою деталь заокруглена з деяких сторін, має внутрішню порожнину що виконується за допомогою стрижня, та отвори в які вставляються болти для закріплення на механізмі «редуктор». Ці отвори виконуються за допомогою механічної обробки.

4.1.2 Аналіз можливих методів виготовлення виливка

Для виготовлення даного виливка можна застосувати наступні способи лиття, такі як:

- лиття у разові піщано – глинясті форми (по-сирому, по-сухому);
- лиття у піщанно-смоляні форми;
- спеціальними способами лиття.

Деталь «корпус редуктора» відповідального призначення, і виконує функцію захисту механізму редуктора від потрапляння всередину робочої частини чужорідних часточок, пилу, бруду та іншого, а також забезпечує стабільну роботу механізму редуктора.

Також важливим фактором для вибору методу виконання стало те, що нас задовольняє якість поверхні яку ми отримуємо, оскільки вона не підлягає механічній обробці, окрім деяких окремих ділянок.

Враховуючи матеріал деталі, її масу та конфігурацію, доцільно обрати спосіб виготовлення виливка – лиття в ПГФ по-сирому. Також цей метод більш екологічний, менш енерговитратний, та економічно вигідніший.

Для ущільнення суміші вибираємо машинний спосіб формовки, струмування з допресуванням.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інші варіанти для розміщення виливка у формі розглядати не будемо, оскільки, всі інші варіанти розташування моделі у формі значно ускладнять процес виготовлення литої деталі, а також зросте собівартість даного екземпляра.

4.1.4 Усадка сплаву

Усадка – це таке явище, яке характеризується зменшенням об'єму сплаву в процесі переходу від рідкої фази в тверду. Вона тягне такі наслідки за собою, як: зменшення лінійних розмірів, порушення геометричної конфігурації. Для кожного матеріалу та сплаву вона різна.

Лінійна усадка для чавуну марки СЧ15 складає : 1,1%

Взявши до уваги матеріал виливка та значення його лінійної усадки, а також масу виливка робимо висновок, що застосування надливів не є доцільним.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.5 Визначення припусків на механічне оброблення

Визначення параметрів точності виготовлення виливка та припусків на механічне оброблення проводимо відповідно до ГОСТ 26645-85. Результати визначення зводимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Параметри точності виготовлення виливка та припуски на механічне оброблення

Бичков В.А		IV; ФЛ-51		ФЛ51.5102.1110.001. ПЗ						
(П.І.Б. студента)		(курс, група)		(шифр)				(дата)		
Вихідні дані										
Найменування деталі				корпус редуктора						
Маса деталі, кг				10,2						
Габаритні розміри деталі, мм				266x192x151						
Матеріал				Чавун СЧ15 ГОСТ 1412-85						
Спосіб лиття				Лиття в разові ПГФ						
Спосіб формування				Машинне формування						
Норми точності виливка за ГОСТ 26645-85										
Клас розмірної точності				7						
Ступінь жолоблення виливка				6						
Ступінь точності поверхонь				10						
Клас точності маси виливка				6						
Ряд припусків				6						
Номінальні розміри, мм										
18	35	40	42	62	63	72	78	80	90	150
Допуски розмірів виливка, мм										
0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2
Допуски форми та розміщення елементів виливка, мм										
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
Загальний допуск елементу поверхні, мм										
1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Вид кінцевого механічного оброблення – чорнова										
Загальний припуск на сторону, мм										
1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

Припуск на механічне оброблення, зображуємо суцільною лінією чорного кольору. Значення припуску на механічне оброблення показуємо цифрою перед знаком шорсткості поверхні деталі

					Ф/1515102.1110.005ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

З метою здешевлення виробництва даної деталі, отвори, що мають різьбову насічку виконуємо за допомогою механічної обробки. А використання стрижнів для отримання отворі з різьбою – сильно ускладнить виробництво. На кресленні позначимо та zakresлимо ці отвори тонкою червоною лінією навхрест.

Точність вилівка складає: 6-7-10-6-6 ГОСТ 26645-885

4.1.6 Визначення кількості та конструкції стрижнів

Для відтворення внутрішніх порожнин деталі «корпус редуктора» створюємо один стрижень складної конфігурації користуючись ГОСТ 3212-92 визначаємо усі нормованні відступи, уклони, зазори та розміри знакових частин стрижнів.

Стрижень створюється один, на один вилівок. Всі отримані дані щодо стрижня заносимо в таблицю 4.5, а також зображуємо його на малюнку 4.3

Рисунок 4.3 – Ескіз стрижня

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.5 – Формувальні ухили та технологічні зазори

Позначення стрижня	Довжина, мм	Зазор S_1 , мм	Зазор S_2 , мм	Кут α	Кут β
Ст. 1	174	-	-	-	10°

Також позначаємо стрілками напрям ущільнення стрижня, вихід газів зі стрижня позначаємо літерами ВГ (виведення газів), роз'єм стрижневого ящика умовним знаком.

4.1.7 Розрахунок розмірів опок

Опока – пристрій, який слугує для утримання формувальної суміші, надання їй міцності та жорсткості, виконання підіймально-транспортних операцій. Точність геометрії і розміри виливків, які вимагаються, особливо у масовому та серійному виробництві, здатність крупних форм витримувати без руйнувань та деформацій значні напруження, які виникають при їх виготовленні, не можуть бути забезпечені без якісних, взаємозамінних, міцних за конструкцією опок [7].

Розрахунок опок необхідний для визначення їх розмірів, що дає можливість підібрати під них необхідне формувальне устаткування.

В даній технології у формі ми розміщуємо по 4 виливка в одній опоці, що наведено на рисунку 4.4

Рисунок 4.4 Схема розрахунку опок та розташування в них моделі

Рисунок 4.4 – Схема розрахунку розмірів опок

Необхідні розміри опочного комплексу визначаємо за допомогою розрахунку, що виходить з положення виливків у формі, розмірів та положенні ливникової системи та існуючих нормативних відступів між виливками, та стінками опоки. Також враховуємо необхідну кількість формувальної суміші по висоті опоки під, та над виливком.

Нормативні відстані наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Нормативні відстані

Позначення	а	б	в	$L_{\text{жив}}$	$B_{\text{шл}}$
Приймаємо, мм	70	100	70	40	30

Довжину опоки визначаємо за формулою:

$$L_{\text{оп}} = 2 \cdot a + 2 \cdot A + б, \quad (4.1)$$

де a – відстань від виливка до стінок опоки: $a = 70$ мм;

A – довжина виливка: $A = 266$ мм;

$б$ – відстань між виливками, $б = 100$ мм.

$$L_{\text{оп}} = 2 \cdot 70 + 2 \cdot 266 + 100 = 772 \text{ мм}$$

Ширину опоки визначаємо за формулою:

$$B_{\text{оп}} = 2 \cdot в + 2 \cdot B + 2 \cdot L_{\text{жив}} + B_{\text{шл}}, \quad (4.2)$$

де $в$ – відстань від виливка до стінок опоки, $в = 40$ мм;

$L_{\text{жив}}$ – відстань між шлаковловлювачем і виливком, $L_{\text{жив}} = 30$ мм;

$B_{\text{шл}}$ – ширина шлаковловлювача, $B_{\text{шл}} = 30$ мм;

B – ширина виливка, $B = 107$ мм.

Тоді ширина опоки:

$$B_{оп} = 2 \cdot 40 + 2 \cdot 192 + 2 \cdot 30 + 30 = 604$$

Відповідно до ГОСТ 22096-84 обираємо прямокутні литі опоки розмірами:

$$L \cdot B \cdot h_n/h_b = 800 \cdot 700 \cdot \frac{150}{150} \text{ мм}$$

Маса верхньої та нижньої опок – 61 кг.

Спосіб центрування опок – за допомогою центруючих штирів.

Необхідність встановлення додаткових вантажів буде визначено після відповідного розрахунку піднімальної сили.

Транспортування опок здійснюється за допомогою мостового крану, чіпляючись за цапфи, ручки.

4.1.8 Конструкція ливникової системи та підведення металу

Однією з найважливіших умов виконання якісного виливка є правильне розміщення ливникової системи. Оптимальне розміщення ливникової системи слугує правильним направленим твердінням, та пролиттям всіх частин виливка. Для даного виливка обираємо ливникову систему з підведення металу по роз'єму форми [8].

Підведення металу виконуємо так, як зображено на рисунку 4.4

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.9 Розрахунок площі перерізу елементів ливникової системи

Розрахунок ливникової системи починається з визначення площі перерізу найвужчого її елементу, а пізніше за прийнятими співвідношеннями знаходять площі перерізу шлаковловлювача та стояка. Прорахунок відбувається за методом Озана-Дітера.

Площа перерізу живильників на один виліток складає:

$$F_{\text{жив 1 вил.}} = \frac{Q_{\text{в}}}{\mu \cdot \tau \cdot 0,31 \sqrt{H_{\text{р}}}}, \quad (4.3)$$

де $Q_{\text{в}}$ – маса виливка, $Q_{\text{в}} = 12,4$ кг; Маса виливка беремо з урахуванням коефіцієнта 1,2, що включає маси припусків на механічне оброблення та непроливні елементи;

μ – коефіцієнт втрати, який характеризує загальний гідравлічний опір форми руху металу. Коефіцієнт витрат μ для виливків, що заливаються в форму має значення 0,42...0,50, приймаємо $\mu = 0,42$;

τ – тривалість заливання, с;

$H_{\text{р}}$ – розрахунковий металостатичний напір, см.

Так як $Q_{\text{в}} < 450$ кг, то тривалість заливання форми розраховуємо за формулою:

$$\tau = S \cdot \sqrt{Q_{\text{в}}}, \quad (4.4)$$

де S – коефіцієнт який залежить від товщини стінки виливка: $S=2,2$;

$Q_{\text{в}}$ – маса виливка, кг.

$$\tau = 2,2 \cdot \sqrt{12,4} = 7,7 \text{ с.}$$

Розрахунковий металостатичний напір розраховуємо за формулою:

$$H_p = H_o - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (4.5)$$

де H_o – відстань від рівня металу в чаші до рівня введення в порожнину ливарної форми, $H_o = 15$ см;

P – висота частини виливка в верхній півформі: $P = 7.5$ см; C – висота виливка в положенні при заливанні: $C = 15$ см.

$$H_p = 13,1 \text{ см}$$

Підставивши отримані дані у формулу 4.3, отримаємо:

$$F_{\text{жив 1 вил.}} = \frac{12.4}{0,42 \cdot 7,7 \cdot 0,31 \sqrt{13,1}} = 3,4 \text{ см}^2$$

Площа усіх живильників дорівнює: $\Sigma F_{\text{жив}} = 3,4 \cdot 8 = 27,2 \text{ см}^2$.

За конфігурацією та масою виливка приймаємо співвідношення елементів ливникової системи:

$$\Sigma F_{\text{жив.}} : \Sigma F_{\text{шл.}} : \Sigma F_{\text{ст.}} = 1 : 1,06 : 1,1$$

де $\Sigma F_{\text{жив.}}$ – сумарний переріз живильників, см^2 ;

$\Sigma F_{\text{шл.}}$ – сумарний переріз шлаковловлювача, см^2 ;

$\Sigma F_{\text{ст.}}$ – сумарний переріз стояка, см^2 .

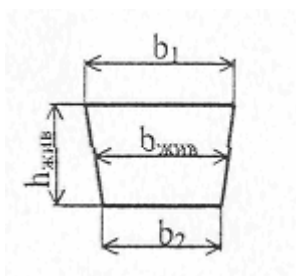
Сумарний перетин елементів складає:

$$\Sigma F_{\text{шл.}} = 1,06 \cdot 27,2 = 28.83 \text{ см}^2$$

$$\Sigma F_{\text{ст.}} = 1,1 \cdot 27,2 = 29,92 \text{ см}^2$$

Розрахуємо поперечний переріз елементів ливникової системи. Для підводу металу використовуємо живильник трапецієвидної форми .

Для розрахунку параметрів живильника необхідно прийняти висоту перерізу живильника $h_{\text{жив}} = 2 \text{ см}$;



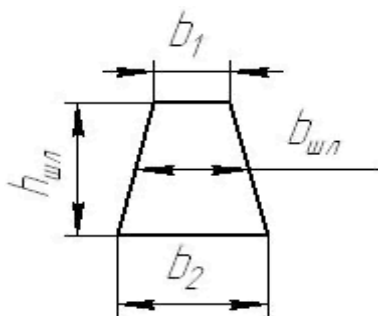
$$b_{\text{жив}} = \frac{F_{\text{жив 1 вил.}}}{h_{\text{жив}}}, \quad (4.6)$$

де $b_{\text{жив}}$ – ширина живильника, мм;

$$b_{\text{жив}} = \frac{3,4}{2} = 17 \text{ мм},$$

відповідно $b_1 = 19 \text{ мм}$; $b_2 = 15 \text{ мм}$.

Приймаємо шлаковловлювач з відповідними лінійними розмірами:



$$F_{\text{шл}} = h_{\text{шл}} b_{\text{шл}}, \quad (4.7)$$

де $h_{\text{шл}}$ – висота шлаковловлювача; де

$$h_{\text{шл}} = \sqrt{F_{\text{шл}}} = 18 \text{ мм}.$$

$$b_{\text{шл}} = F_{\text{шл}} / h_{\text{шл}}, \quad (4.8)$$

Підставивши відповідні дані отримуємо:

$$b_{\text{шл}} = 3,4 / 1,8 = 2 \text{ см}$$

$b_1 = 23 \text{ мм}$; – ширина верхньої частини шлаковловлювача;

$b_2 = 17 \text{ мм}$; - ширина нижньої частини шлаковловлювача.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Визначення розмірів стояка полягає у розрахунку розміру його найтоншої частини.

Розрахуємо діаметр стояка (рис. 4.7):

$$F_{\text{ст}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (4.9)$$

$$d_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{ст}}}{\pi}}, \quad (4.10)$$

Тоді:

$$d_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 29,92}{3,14}} = 6,17 \text{ см.}$$

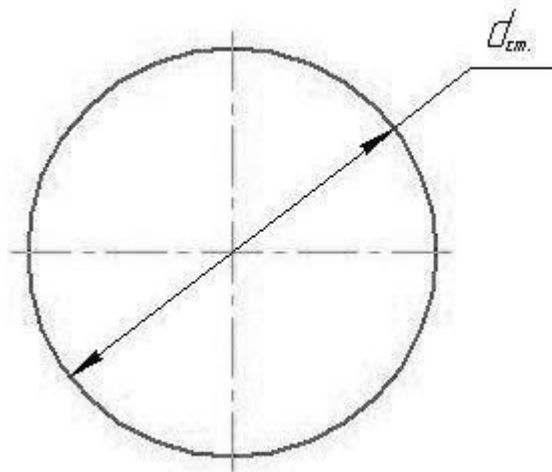


Рисунок 4.7 – Схема перерізу стояка

Кут конусності стояка приймаємо 2° .

4.1.10 Характеристика модельного комплекту

Для виготовлення модельного комплекту та стрижневого ящика обираємо металевий модельний комплект. Використовуємо їх на підставі аналізу серійності виробництва, конфігурації та інших характеристик. Для виготовлення модельного комплекту для деталі «корпус редуктора» використовуємо алюмінієвий сплав АК7 ДСТУ 2839-94. Порівняно с дерев'яними вони будуть довговічніші, матимуть вищу точність, гладкішу поверхню, матимуть високу зносостійкість.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виготовлення виливка «корпус редуктора» модельний комплект складається:

- модельна плита верху та низу (по 1 шт.);
- модель виливка (4 шт.);
- модель живильника (8 шт.);
- модель шлаковловлювача (1 шт.);
- модель стояка (1 шт.);
- модель воронки (1 шт.);
- модель металоприймача (1 шт.);
- стрижневий ящик №1 (1 шт.).

Для зменшення маси моделі та економії матеріалу, модель виливка виконуємо порожнистою. Кріплення моделі до модельної плити здійснюємо гвинтами М8, центрування виконуємо за допомогою центрувальних штифтів.

Для центрування модельної плити з опокою застосовуємо центрувальні штирі, скріплення модельної плити та опоки за допомогою скоби скріплення.

Кріплення модельної плити на столі формувальної машини відбувається за допомогою гвинтів, для яких на модельній плиті та столі формувальної машини зроблені отвори.

Кріплення до модельної плити ливникової системи відбувається за допомогою монтажу моделей за розміткою, а саме: заготовки для моделей стругають по площині рознімання, спарюють їх за допомогою контрольних штифтів на розмітці і прикріплюють болтами.

4.1.11 Вибір формувальних і стрижневих сумішей

В даному проекті для виготовлення форм у якості формувальних сумішей використовуємо разові піщано-глинясті форми з формовкою по-сирому. У якості стрижневої суміші використовуємо холоднотвердну суміш.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Склад і властивості формувальної суміші наведено в таблиці 4.7 , а стрижневої – в таблиці 4.8.

Дана формувальна суміш використовується в сучасних технологічних процесах. Вона володіє комплексом наступних властивостей: міцністю, газопроникністю, вогнетривкістю, довговічністю і т. д., забезпечує високу якість виливків та задану продуктивність лінії [9].

Особливістю даної суміші являється мінімальний вміст (до 3 %) високоякісних бентонітів. Такі суміші при мінімальному вмісті води (від 3,5 до 4,0 %) мають наступні переваги:

- підвищена чистота поверхні виливків;
- знижений вміст бентоніту, необхідного для отримання заданої міцності суміші, в 2...2,5 рази в порівнянні з вмістом каолінової глини, що призводить до збільшення газопроникності, вогнетривкості, зменшення можливості утворення пригару;
- полегшену вибиваемість виливків із форм;
- підвищену текучість та піддатливість [9].

Таблиця 4.7 – Склад і властивості формувальної суміші [9]

Вид суміші	Склад суміші, мас.ч. %				Властивості		
	Оборотна суміш	Кварцовий пісок 2K ₂ O ₂ , ГОСТ 2138-91	Бентоніт П1Т ₁ , ГОСТ 28177-89	Крохмаліт	Газопроникність, од.	Міцність при стиску, МПа	Вологість, %
Єдина формувальна	92,0...95,0	5,0...8,0	1,2...2,0	0,05...0,1	≥70	0,16...0,21	3,1...3,5

Таблиця 4.8 – Склад і властивості ХТС [9]

Склад ХТС, мас.ч. %			
Кварцовий пісок	Рідке скло	Азбест, NaOH	Затвердження
95,0...97,0	4,0...6,0	3...5 0,5...1,5	CO ₂

4.1.12 Технологія приготування сумішей

Приготування формувальної суміші відбувається на котковому змішувачі з вертикально обертовими котками моделі 1108 [9].

Послідовність приготування суміші:

- з витратних бункерів подаються порції сипких матеріалів, після чого відкривається кран подачі води і відміряється порція;
- процес перемішування триває від 4 до 8 хвилин;
- якість змішування затверджується відбором суміші і перевіркою у лабораторії;
- далі суміш транспортується до витратних бункерів [9].

Металеві включення видаляються магнітним сепаратором (рис. 4.8). Металеві вкраплення примагнічуються за допомогою сильного магніту і відводяться.

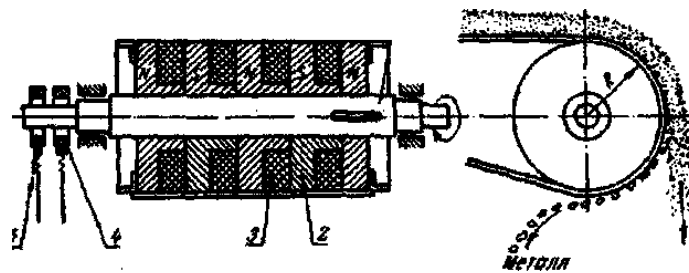


Рисунок 4.8 – Схема магнітного сепаратору [9]

1 - вал; 2 - сердечники; 3 - катушки; 4 - кільця; 5 - щітки.

Приготування ХТС здійснюється на лопатевому змішувачі безперервної дії моделі 4727.

У змішувачі безперервної дії вихідні компоненти подають в один кінець жолоба, а суміші видають через вікно на другому його кінці, при цьому деякі компоненти вводять у різних зонах перемішування по всій довжині корпусу змішувача [3].

Послідовність введення матеріалів:

- сепарація;
- завантаження свіжого піску;
- завантаження каоліну;
- перемішування протягом 2 хв.;
- завантаження рідкого скла;
- перемішування протягом 5...6 хв.

Міцність та інші властивості формувальних і стрижневих сумішей залежать від послідовності введення компонентів у змішувач [9].

Використання машини 4727 виконується тільки у стрижневому відділенні.

4.1.13 Технологія виготовлення та складання форми

Для виготовлення форм в проєкті використовується автоматична лінія моделі КЛ91265СМ, призначена для виготовлення форм складної конфігурації з великим перепадом висот порожнини під час виробництва чавунного і сталевих литва в цехах, де часто змінюють номенклатуру виливків [3].

Технічні характеристики лінії моделі КЛ91265СМ наведена у розділі 2

Основою лінії є прохідний однопозиційний автомат. Струшувальний механізм автомата працює з амортизацією ударів і забезпечує режими: струшування з наступним допресовуванням або струшування з одночасним пресуванням [3].

Форми виготовляють в опоках спеціальної конструкції без хрестовин з використанням єдиної і наповнювальної сумішей [3].

Технологічний цикл виготовлення форм складається з таких операцій:

- зіштовхування комплекту порожніх опок з візків ливарного конвеєра, який рухається безперервно;
- роз'єднування опок;
- послідовне виготовлення верхньої і нижньої півформ;
- видалення моделей із форм;
- установа півформ на супутниковий конвеєр для проставлення стрижнів;
- складання форм і передавання їх на ливарний конвеєр;
- навантаження форм;
- заливання форм розплавом і знімання з них вантажів;
- охолодження виливків у формах і їх вибивання [3].

Лінія використовується двох блочна.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.14 Технологія виготовлення стрижнів

Для виготовлення виливка «Кришка масляного насосу» використовуємо один внутрішній стрижень простої конфігурації.

Для виготовлення стрижня використовуємо піскодувну машину моделі 2Б83.

Робочий процес стрижневої машини: при вмиканні машини стрижнева суміш, що знаходиться в лотку живильника, зміщується в приймальну горловину механізму дуття і заповнює гільзу встановлену в середині механізму дуття. Потім натискається пускова кнопка, розміщена на пульті керування, вібратор живильника вмикається і шибєр механізму дуття перекриває впускний отвір гільзи. Одночасно зажими притискають стрижневий ящик. Далі в гільзу з сумішшю подається стиснене повітря, і суміш через вдувний отвір в насадці вдувається в стрижневий ящик. Після заповнення ящика і ущільнення суміші подача стисненого повітря зупиняється, а повітря яке залишилося в гільзі викидається в атмосферу [10].

Притискний стіл опускається, ящик розтискається. Стрижневий ящик знімається зі столу машини, з нього виймається стрижень, і цикл повторюється. Після цього готові стрижні подаються на формувальну ділянку [10].

4.1.15 Способи попередження прилипання суміші до моделі та стрижневого ящика

До складу піщано-глинястих сумішей для запобігання прилипання до стінок оснастки додаємо стеарат кальцію, або водновоскову дисперсію.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.16 Способи попередження пригару з боку форми та стрижнів

Пригар - міцно з'єднаний з поверхнею виливка шар формувального матеріалу, що утворився від взаємодії металу виливка з матеріалом форми [11].

Засобом протипригарного покриття слугує водна дистенсиліманітова протипригарна фарба ДСК-1, характеристики і склад якої наведені в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Склад протипригарної фарби

Компоненти фарби, мас.ч.						Властивості	
Дистенсиліманітовий концентрат	Алюмохромфосфатний зв'язувальний концентрат	Рідке скло	Сульфонол	Нейтралізована ортофосфатна кислота	Вода, до щільності, кг/м ³	Живучість, год.	Термін затверднення, Год.
74	25,4	-	0,6	-	2200...2300	>12	-

4.1.17 Режими охолодження залитих форм

Охолодження форм буде проводитись на повітрі, паралельно рухаючись по конвеєру на самій автоматичній лінії.

4.1.18 Розрахунок підіймальної сили, що діє на верхню півформу

Загальна піднімальна сила металу, що діє на верхню півформу, розраховується за формулою:

$$P_{\Sigma} = k \cdot (P_{\text{впф}} + \Sigma P_{\text{сті}} + P_{\text{л.с.}}) - (G_{\text{впф}} + \Sigma G_{\text{сті}}), \quad (4.11)$$

де k – коефіцієнт, що враховує гідравлічний удар у момент закінчення заливання, $k = 1,4$;

$P_{\text{впф}}$ – сила тиску рідкого металу на верхню півформу в порожнині ливарної формі, Н;

$G_{\text{впф}}$ – вага верхньої півформи, Н;

$P_{\text{сті}}$ – Архімедова сила, що діє на i -й стрижень, Н;

$G_{\text{сті}}$ – вага i -го стрижня, Н;

$P_{\text{л.с.}}$ – сила тиску на верхню півформу в ливниковій системі, Н;

Складові формули розраховуємо за наступною методикою:

$$P_{\text{впф}} = F_{\text{г.пр.}} \cdot n \cdot \rho_{\text{м}} \cdot g \cdot h_{\text{ср}}, \quad (4.12)$$

де $F_{\text{г.пр.}}$ – площа горизонтальної проекції виливка, на яку діє піднімальна сила: $F_{\text{г.пр.}} = 0,02775 \text{ м}^2$;

$\rho_{\text{м}}$ – щільність металу: $\rho_{\text{м}} = 7810 \text{ кг/м}^3$;

$h_{\text{ср}}$ – середній метало статичний напір: $h_{\text{ср}} = 0,12 \text{ м}$;

n – кількість виливків у формі : $n = 4$;

$g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}$ – прискорення земного тяжіння.

$$P_{\text{впф}} = 0,02775 \cdot 4 \cdot 7810 \cdot 9,81 \cdot 0,12 = 1111 \text{ Н}$$

Розраховуємо вагу верхньої півформи:

$$G_{\text{впф}} = (m_{\text{оп}} + m_{\text{сум}}) \cdot g , \quad (4.13)$$

де $m_{\text{оп}}$ – маса верхньої опоки, кг;

$m_{\text{сум}}$ – маса суміші в верхній напівформі, кг.

$$M_{\text{сум}} = (l_{\text{оп}} \cdot b_{\text{оп}} \cdot h_{\text{оп}} - (V_{\text{в}}' + V_{\text{стр}}') \cdot n) \cdot \rho_{\text{сум}} , \quad (4.14)$$

де $l_{\text{оп}}, b_{\text{оп}}, h_{\text{оп}}$ – довжина, ширина та висота верхньої опоки, м;

$V_{\text{в}}'$ - частина об'єму виливка, що знаходиться у верхній півформі, м³;

$V_{\text{стр}}'$ - частина об'єму стрижнів, які знаходяться у верхній півформі, м³;

$$M_{\text{сум}} = (0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,15 - (0,014 + 0,012) \cdot 4) \cdot 1600 = 166,3 \text{ кг}$$

$$G_{\text{впф}} = (98 + 166,3) \cdot 9,81 = 2592 \text{ Н}$$

Розраховуємо Архімедову силу, що діє на стрижні:

$$\Sigma P_{\text{сті}} = n \cdot V_{\text{сті}} \cdot \rho_{\text{м}} \cdot g , \quad (4.15)$$

де $V_{\text{сті}}$ – частина об'єму і-го стрижня, що знаходиться під дією Архімедової сили, Н: $V_{\text{сті}} = 0,0022 \text{ м}^3$.

$$\Sigma P_{\text{сті}} = 2 \cdot 0,012 \cdot 7810 \cdot 9,81 = 1838 \text{ Н}$$

Вагу стрижнів розраховуємо за формулою:

$$\Sigma G_{\text{сті}} = n \cdot V_{\text{сті}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot g, \quad (4.16)$$

де $V_{\text{сті}}$ – об’єм стрижня, м^3 .

$$\Sigma G_{\text{сті}} = 4 \cdot 0,024 \cdot 2250 \cdot 9,81 = 530 \text{ Н}$$

Розрахуємо силу тиску на верхню півформу в ливниковій системі:

$$P_{\text{л.с.}} = (b_{\text{ж}} \cdot l_{\text{ж}} \cdot n_{\text{ж}} + b_{\text{шл}} \cdot l_{\text{шл}}) \cdot g \cdot h_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{м}}, \quad (4.17)$$

де $b_{\text{ж}}, l_{\text{ж}}$ – ширина та довжина живильника, м;

$n_{\text{ж}}$ – кількість живильників у формі;

$b_{\text{шл}}, l_{\text{шл}}$ – ширина та довжина шлаковловлювача, м;

$h_{\text{м}}$ – метало статичний напір у ливниковій системі, м.

$$P_{\text{л.с.}} = (0,0154 \cdot 8 + 0,0224) \cdot 9,81 \cdot 0,15 \cdot 7810 = 167 \text{ Н}$$

Таким чином, загальна піднімальна сила:

$$P_{\Sigma} = 1,4 \cdot (1111 + 1838 + 167) - (2592 + 530) = 1240 \text{ Н}$$

Потрібно встановити вантаж масою 124 кг.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.19 Розрахунок витрат формувальних матеріалів на тону придатного литва

Розраховуємо об'єм формувальної суміші в формі:

$$V_{\text{фсум}} = V_{\text{ф}} - n_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}} - V_{\text{л.с.}} - n_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}}, \quad (4.18)$$

де $V_{\text{ф}}$ – об'єм форми, м^3 ;

$V_{\text{в}}$ – об'єм виливка, м^3 ;

$V_{\text{л.с.}}$ – об'єм ливникової системи, м^3 ;

$V_{\text{ст}}$ – об'єм стрижня, м^3 ;

$n_{\text{в}}$ – кількість виливків;

$n_{\text{ст}}$ – кількість стрижнів.

Об'єм форми:

$$V_{\text{ф}} = l_{\text{оп}} \cdot b_{\text{оп}} \cdot h_{\text{оп}}, \quad (4.19)$$

де $l_{\text{оп}}, b_{\text{оп}}, h_{\text{оп}}$ – довжина, ширина та висота верхньої і нижньої опоки, м.

$$V_{\text{ф}} = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,3 = 0,168 \text{ м}^3$$

Об'єм виливка:

$$V_{\text{в}} = Q_{\text{в}} / \rho_{\text{ме}}, \quad (4.20)$$

$$V_{\text{в}} = 12,4 / 7810 = 0,001 \text{ м}^3$$

Об'єм ливникової системи:

$$V_{\text{л.с.}} = Q_{\text{лс}} / \rho_{\text{ме}}, \quad (4.21)$$

$$V_{\text{л.с.}} = 10,66 / 7810 = 0,001366$$

Об'єм стрижня: $V_{\text{ст}} = 0,0012 \text{ м}^3$

$$V_{\text{фсум}} = 0,168 - 4 \cdot 0,001 - 0,0014 - 2 \cdot 0,0012 = 0,147 \text{ м}^3$$

Маса формувальної суміші, потрібної для виготовлення 1т придатних виливків:

$$M_{\text{фсум}} = 0,147 \cdot 1700 \cdot 1000 / 4 \cdot 10,4 = 6007 \text{ кг}$$

Маса стрижневої суміші на одну форму становить:

$$M_{\text{ст.сум}} = \rho_{\text{ст.сум}} \cdot n_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}}, \quad (4.22)$$

$$M_{\text{ст.сум}} = 2250 \cdot 4 \cdot 0,0012 = 10,8 \text{ кг}$$

Маса стрижневої суміші, потрібної для виготовлення 1 т придатних виливків:

$$M_{\text{стсум(на 1т)}} = 10,8 \cdot 1000 / 4 \cdot 10,4 = 260 \text{ кг}$$

4.1.20 Розрахунок виходу придатного литва

Технологічний вихід придатного литва:

$$ВП_{\text{техн}} = G_{\text{в}} \cdot 100\% / (G_{\text{в}} + G_{\text{л.с}} + G_{\text{н.}}), \quad (4.23)$$

$$ВП_{\text{техн}} = 41,6 \cdot 100\% / (41,6 + 10,66 + 0) = 79,6 \%$$

Металургійний вихід придатного литва:

$$ВП_{\text{мет}} = ((100 - Y)(100 - B)(100 - Б)) ВП_{\text{техн.}} / 10^6, \quad (4.24)$$

де $Y = 2 \%$ – угар чавуну при плавці в індукційній

печі; $B = 1,5\%$ – беззворотні втрати;

$Б = 4,5\%$ – брак литва при виробництві чавунних виливків.

$$ВП_{\text{мет}} = ((100 - 2)(100 - 1,5)(100 - 4,5) \cdot 74) / 10^6 = 68 \%$$

Знаючи металургійний вихід придатного литва, можна розрахувати масу металозавалки на 1 тону придатного литва:

$$M_{\text{мз}} = 1000 \cdot 100\% / ВП_{\text{мет}}, \quad (4.25)$$

$$M_{\text{мз}} = 1000 \cdot 100 / 68 = 1470,58 \text{ кг.}$$

4.2 Розроблення технологічного процесу виплавляння металу та заливання форм

4.2.1 Характеристика використовуваного сплаву

Для виготовлення виливка використовуємо матеріал – чавун СЧ15.
Хімічний склад якої наведено у табл. 4.1.

4.2.2 Шихтові матеріали та їх підготовка

1. Підігрівання шихти для виведення вологи.
 2. Зворот власного виробництва. Повинен бути підготовлений до необхідних розмірів, очищений від формувальної суміші, стружки. Зберігається в окремому місці.
 3. Злитки сталі повинні бути перевірені та очищені від зайвих часток забруднення, щоб далі було менше шлаку при плавленні.
- Транспортування шихтових матеріалів відбувається на візках або електрокарах, частіше на візках.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.3 Вибір плавильного агрегату

Плавлення чавуну проводимо в індукційних печах (рис.4.9), характеристика якої наведена в табл. 4.11.

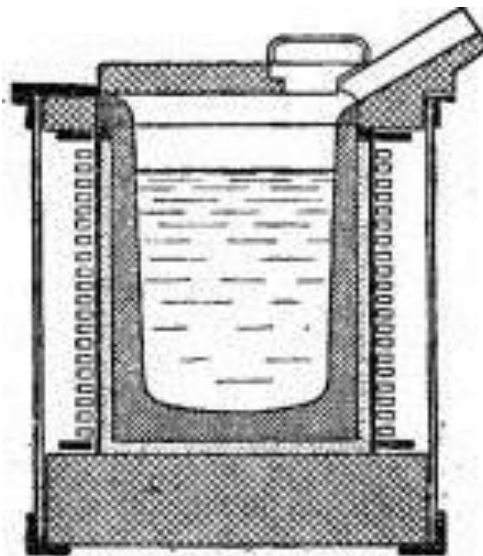


Рисунок 4.9 – Індукційна піч

Таблиця 4.11 – Характеристики печі ICT-1 [2]

Ємність, т	1
Швидкість розплавлення, т/год.	1
Витрати охолоджуючої води, т/ год.	11
Номінальна напруга мережі, В	380
Питома витрата електроенергії, кВт/ год./т	560
Потужність, кВт	630

Індукційні печі є найбільш зручними плавильними агрегатами для виплавлення, особливо в цехах спеціальних способів лиття [12].

В індукційних печах можна виплавляти будь-який сплав, з будь-яким вмістом легувальних елементів та кількістю. Шихта при цьому може складатися із 100% легованих відходів або звороту власного виробництва [12].

Плавлення проводять у печах з кислою футеровкою.

Плавлення чавуну в індукційних печах здійснюють методом переплаву. Це вимагає підбору такої шихти, щоб після розплавлення метал був близьким до

заданого хімічного складу. Холодні та в'язкі шлаки, що утворюються протягом плавлення шихти, захищають метал від газопоглинання та поверхневого окислення [12].

4.2.4 Технологічний процес плавлення

Приготування сталевого розплаву потрібно провести:

- нагрів печі;
- завантаження шихти у піч;
- витримування до розплаву шихти;
- окиснювальний період;
- відновлення сталі;
- випуск розплаву із печі.

Тривалість плавки біля 1,5 год.

4.2.5 Розрахунок температури розплаву перед випусканням із печі

Температура заливання чавуну залежить від складу, товщини стінки і шляху заповнення форми металом за конфігурацією виливка.

Рекомендована температура заливання 1420...1520°C. Для нашої плавки вибираємо 1460°C.

При випуску розплаву з печі витрачається від 50 до 100 °C.

При транспортуванні у ковшах від печі до форми втрачається біля 20°C за 1 хвилину. Середня тривалість 4 хвилини.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи всі фактори втрати температур, температура випуску становить:

$$T_{\text{вип}} = 1460 + 70 + 20 \cdot 4 = 1610 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

4.3 Вибір технологій вибивання форм і фінішних операцій

4.3.1 Вибивання виливків та стрижнів з ливарної форми

Залита ливарна форма, яку потрібно вибити, подається на полотно інерційно-вибивної решітки IP-120. При обертанні валу виникають відцентрові сили, які при наявності динамічно неврайонованих мас починають коливати вал і скріплену з ним решітку. Частота коливання решітки рівна частоті обертання валу. В випадку коли форма, що підлягає вибивці стоїть на полотні решітки, вона при русі останньої вверх відривається від неї на деяку висоту і падає на решітку знов. При ударі відбувається руйнування форми [13].

Технічні характеристики машини IP-120 наведені в табл. 4.12

Таблиця 4.12 – Технічні характеристики машини IP-120 [13]

Найменування	Норма
Сила удару, т/с	2
Амплітуда коливань, мм	28
Розміри робочої поверхні решітки, мм	1850×1330
Частота обертання вала вібратора, об/хв	595
Електродвигун	B71B4
Загальна маса	2360

4.3.2 Відокремлення елементів ливникової системи від виливків

Вилучення ливникової системи від виливка проводиться за допомогою механічних інструментів. Використовується очисне обладнання для зачистки заливів та інших дефектів виливка: різальний інструмент, шліфувальний.

Відокремлення заливів та інших нерівностей як на зовнішній так і на внутрішній поверхнях середніх та великих виливків, а також випробування дефектів для заварювання та відокремлення фальшивих ребер здійснюють пневматичними рубальними молотками з зубилами. Останнім часом для обрубкування і зачищення виливків використовують повітряно-дугове різання [12].

Для зачищення живильників, випорів і надливів використовують спеціальні установки, які забезпечені абразивними корундовими або карбокорундовими кругами. Просіки, гострі краї, залишки елементів ливникових систем на дрібних виливках зачищають на заточних шліфувальних верстатах [12].

4.3.3 Контроль якості продукції

У сталеливарних цехах виробництва виливків використовують два типи контролю: проміжний і остаточний. Перший здійснюють під час очищення, обрубкування та зачищення виливків з метою зняття з подальших операцій бракованих і дефектних виливків, а другий – для приймання готових виливків з використанням методів візуального, ультразвукового, магнетного, радіаційного, металографічного контролю та механічних випробувань у лабораторії [12].

4.3.4 Термічне оброблення виливків

Ця операція виконується відповідно до вимог чинних нормативних документів на марки сплаву і окремі виливки [12].

У нашому випадку термічну обробку не проводимо.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ

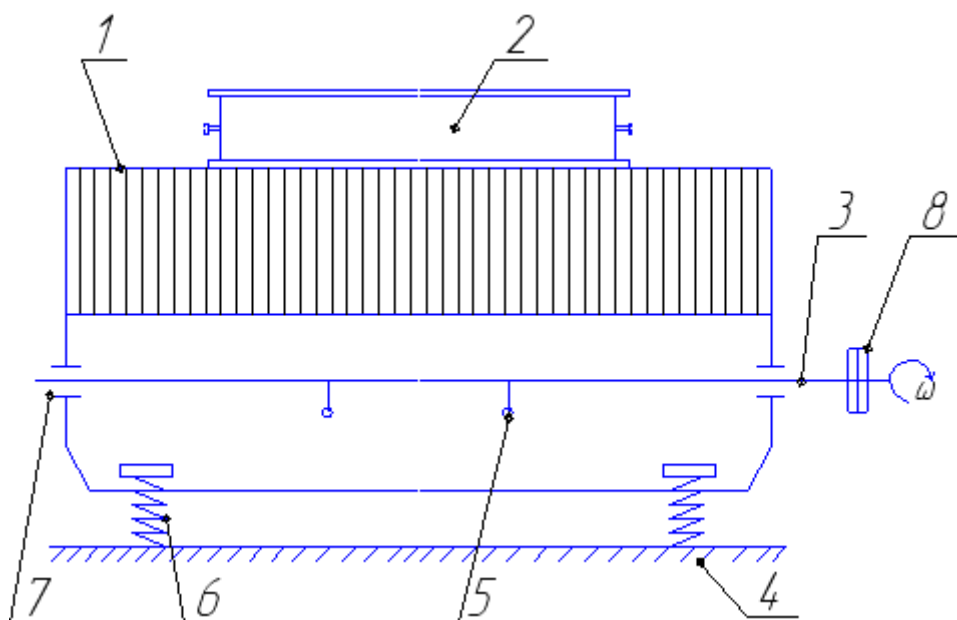
5.1 Призначення машини та межі її використання

Інерційна вибивна решітка призначена для вибивання ливарних форм і опок в умовах одиничного або малосерійного виробництва. Такі решітки застосовується на вибивних ділянках ливарних цехів [13].

На інерційних решітках технологічний процес вибивання форм здійснюється в такий спосіб. Залита ливарна опока, яку піддають вибиванню, подається на полотно вибивної решітки. Від зіткнень опоки з вібруючим полотном решітки запресована суміш в опоці руйнується та разом з виливком (виливками) випадає на полотно решітки, в подальшому виливки відділяються від суміші.

5.2 Загальна схема

Загальна схема вибивної решітки зображена на рис. 5.1



1 – корпус; 2 – опока; 3 – інерційний вал; 4 – рама; 5 – закріплення та змінні важелі; 6 – пружинна підвіска; 7 – підшипники; 8 – еластична муфта.

Рисунок 5.1 – Загальна схема вибивальної інерційної ґратки

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибивна інерційна градка (Рис. 5.1) представляє собою корпус 1, встановлений на пружинну підвіску 6 заданої жорсткості, яка спирається на раму 4. На валу 3 який обертається в підшипниках 7 встановлені закріплені та змінні важелі 5, які утворюють дебаланс. Під дією відцентрової сили, яка виникає при обертанні інерційного валу, та упругої сили підвіски корпус градки та форма яка вибивається отримують коливальний рух. Дія вібрації на електродвигун пом'якшується еластичною муфтою 8. Вибивка на цих градках здійснюється в результаті співудару між опокою 2 та решіткою. Проте амплітуда тут непостійна и залежить не тільки від параметрів градки, а і від маси форми яка вибивається [13].

5.3 Розрахунок основних конструктивних і технологічних параметрів

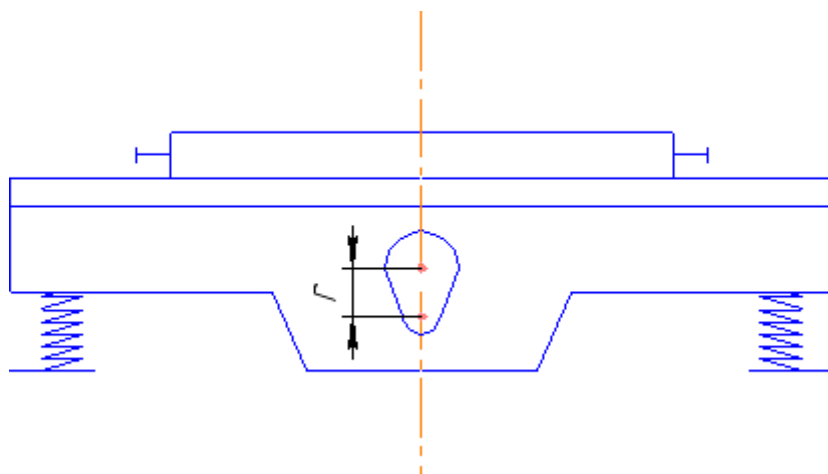


Рисунок 5.2 Схема інерційної вибивної решітки

Вихідні дані – вантажопід'ємність $Q = 500$ кг.

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4 Визначення кутової швидкості валу вібратора

$$\omega = \frac{2(1+\mu)}{\mu(1+R)} \times \pi \frac{\sqrt{g}}{2e_0}, \text{ c}^{-1} \quad (5.1)$$

де ω - кутова швидкість валу вібратора;

μ – відношення маси решітки до маси форми;

R – коефіцієнт відновлення швидкості співудару тіл після удару;

$\pi = 3,14$;

g – прискорення сили тяжіння, що дорівнює 9810 мм/с^2 ; e_0 – енергія удару, що необхідна для вибивання форми.

$$\mu = \frac{G_{\text{реш}}}{G_{\text{фор}}} \quad (5.2)$$

де $G_{\text{реш}}$ – маса решітки;

$G_{\text{фор}}$ – маса форми.

$$G_{\text{реш}} = (0.8 \dots 1.0) G_{\text{реш}} \quad (5.3)$$

Обираємо, що $\mu = 1.0$.

R – Коефіцієнт відновлення швидкості тіл, після співзіштовхування:

$R = 0.15 \dots 0.2$ – для чавунних опок; [13]

Приймаємо: $R = 0.2$

e_0 – енергія удару, що необхідна для вибивання форми, $e_0 = \frac{25 \text{ кг} \times \text{мм}}{\text{кг}}$ – для сирих форм [10].

$$\omega = \frac{2(1+1)}{1(1+0.2)} \times 3.14 \frac{\sqrt{9810}}{2 \times 25} = 147, \text{ c}^{-1}$$

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5 Визначення числа обертів валу вібратора

$$n_b = \frac{30 \times \omega}{\pi} \quad (5.4)$$

де n_b - кількість обертів валу вібратора ,об/хв;

ω – кутова швидкість вібратора, с^{-1} .

$$n_b = \frac{30 \times 147}{3,14} = 1405 \text{ об/хв}$$

5.6 Розрахунок збуджувальної сили

Величину сили збудження визначають за формулою:

$$F_0 = (G_{\text{реш}} + G_{\text{фор}}) \times \pi \times \left(\frac{1-R}{1+R} \right) \times \left(1 - \frac{\omega_{\text{реш}}^2}{\omega^2} \right), \text{ кг} \quad (5.5)$$

Де F_0 – величина сили збудження;

$G_{\text{реш}}$ – маса решітки;

$G_{\text{фор}}$ – маса форми;

$\pi = 3,14$;

R – коефіцієнт відновлення швидкості співудару тіл після удару;

ω – кутова швидкість валу вібратора;

$\omega_{\text{реш}}$ – частота власних коливань решітки, $\omega_{\text{реш}} = 20 \dots 60 \text{ об/хв}$.

$$F_0 = (500 + 300) \times 3,14 \times \left(\frac{1-0,2}{1+0,2} \right) \times \left(1 - \frac{50^2}{147^2} \right) = 1137 \text{ кг}$$

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.7 Розрахунок маси, неурівноваженого вантажу

$$G_0 = \frac{F_0 \times g}{\omega^2 \times r}, \text{ кг}; \quad (5.6)$$

Де G_0 – маса не урівноваженого вантажу, кг;

F_0 – величина збуджувальної сили;

g – прискорення вільного падіння, становить 9810 мм/с²

ω – кутова швидкість валу вібратора;

r – радіус, що проходить через центр тяжіння нерівноважених вантажів,
 $r = 0.1 \dots 0.18$ м.

Приймаємо $r = 150 \text{ мм} = 0.15 \text{ м}$

$$G_0 = \frac{737 \times 9,81}{147^2 \times 0,15} = 23 \text{ кг}.$$

5.8 Визначення жорсткості пружин

$$\Sigma_k = \omega_{\text{реш}}^2 \cdot M = \omega_{\text{реш}}^2 \cdot \frac{G_{\text{реш}} + G_{\text{фор}}}{g}, \text{ кг/см}; \quad (5.7)$$

Де $\omega_{\text{реш}}^2$ = частота власних коливань решітки;

$G_{\text{реш}}$ = маса решітки;

$G_{\text{фор}}$ = маса форми;

g = прискорення сили тяжіння, що дорівнює 9810 мм/с²;

$$\Sigma_k = 50^2 \cdot \frac{500+300}{9,81} = 224 \text{ кг/см}$$

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.9 Визначення жорсткості однієї пружини

$$K_1 = \frac{\Sigma_k}{n}, \text{ кг/см} \quad (5.8)$$

де n – к-сть пружин, що кратна 4;

Приймаємо $n = 12$ [13]

$$K_1 = \frac{224}{12} = 18,6 \text{ кг/см}$$

5.10 Розрахунок пружини, при максимальному зусиллі на стискання

$$[P_{max}] \leq \frac{\pi \cdot n^3}{8 \cdot D \cdot c} [\sigma], \text{ кг} \quad (5.9)$$

$$P_{max} = \frac{G_{\text{реш}} + G_{\text{фор}}}{n}, \text{ кг} \quad (5.10)$$

де P_{max} – максимальне навантаження, кг;

$G_{\text{реш}}$ – маса решітки, кг;

$G_{\text{фор}}$ – маса форми, кг;

n – к-сть пружин;

$D = 0.12 \dots 0.18$ м – діаметр дроту пружини;

$c = 0.12 \dots 0.14$ – коефіцієнт, що враховує форму перерізу, кривину витків і нерівномірність навантаження;

$[\sigma]$ – припустиме навантаження при пульсуючих навантаженнях;

$$[\sigma] = 50 \dots 70 \text{ кг/мм}^2$$

$$P_{max} = \frac{500+300}{12} = 66,6 \text{ кг}$$

$$[P_{max}] \leq \frac{3,14 \cdot 12^3}{8 \cdot 120 \cdot 1,2} 50 = 236,25 \text{ кг}$$

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.11 Визначення потужності електродвигуна приводу вибивної решітки

$$N = \frac{\pi \cdot g \cdot G_{\phi}}{102 \cdot \eta \cdot \omega} \cdot \frac{1-R}{1+R} \cdot \frac{1+\mu}{\mu}; \quad (5.11)$$

де N – потужність електродвигуна, кВт;

π – 3,14;

g – прискорення сили тяжіння, що відповідає 9810 мм/с²;

G_{ϕ} – маса форми;

η – коефіцієнт корисної дії, для клинопасової передачі ($\eta = 0,8 \dots 0,9$);

R – коефіцієнт відновлення швидкості співудару тіл після зіткнення;

μ – відношення маси решітки до маси форми;

ω – кутова швидкість валу вібратора.

$$N = \frac{3.14 \cdot 9.81 \cdot 300}{102 \cdot 0.8 \cdot 147} \cdot \frac{1-0.2}{1+0.2} \cdot \frac{1+1}{1} = 0.7 \text{ кВт}$$

Згідно з ГОСТ 23111-78 оберемо електродвигун марки В71В4, що має потужність 0,75 кВт; а також частоту обертання валу 1500 об/хв.

					Ф/1515102.1110.005ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організаційна частина

Питання щодо організації виробництва в цеху вирішуємо на основі даних попередніх розділів проекту, зокрема, технологічного (розрахунок потрібного обладнання, його розміщення, організація технічного контролю та контролю якості тощо). У цьому розділі ми обґрунтовуємо необхідну чисельність робітників та управлінського персоналу, розмір фондів їх заробітної плати, визначаємо показники продуктивності праці.

6.1.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Методика розрахунків планової чисельності працівників окремих категорій визначається специфікою їхньої роботи та галузевими особливостями функціонування підприємства.

Чисельність робітників, зайнятих на нормованих роботах ($\mathcal{C}_{p.n.}^{пл}$) розраховують за формулою:

$$\mathcal{C}_{p.n.}^{пл} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i t_i}{T_{p.n.} K_{в.п.}} \quad (6.1)$$

де t_i – планова трудомісткість одиниці i -го виду продукції, нормо годин;

m_i – кількість продукції i -го виду, од.;

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ					
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб		Бичков В.А.			ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА		Літера	Арк	Аркуші	
Перев		Лук'яненко І.В.							83	114
Н. Контр.		Федоров Г.Є.								
Затверд.										
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ ФЛ-51					

$T_{p.ч}$ – розрахунковий ефективний час одного робітника, год. (табл. 6.1);

n – кількість видів виготовленої продукції;

$K_{в.н.}$ – очікуваний коефіцієнт виконання норм (1,2...1,5).

Чисельність основних робітників, зайнятих на ненормованих роботах (контроль технологічного процесу, керування апаратами, машинами та іншим устаткуванням), розраховують за нормами обслуговування, а саме:

$$ч_{пл\ os} = \frac{m_0 \Pi_{зм} K_{п}}{H_{об}}, \quad (6.2)$$

де m_0 – кількість обслуговуваних об'єктів;

$\Pi_{зм}$ – кількість змін роботи на добу;

$K_{п}$ – коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову;

$H_{об}$ – норма обслуговування одного агрегата (кількість об'єктів на одного робітника).

Таблиця 6.1 – Баланс робочого часу середньооблікового працівника

Показники	Планові значення
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	115
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	10
Номінальний фонд робочого часу, днів	240
Невиходи на роботу (днів), з них:	30
відпустки	24
захворювання	4
дозволені законом	1
з дозволу адміністрації	1
прогули	-
цілодобові простої	-

(Продовження таблиці 6.1)

страйки	-
Присутній робочий час, днів	210
Середня тривалість робочого дня, год.	7,9
Внутрішньо змінні втрати робочого часу на простої, год.	0,2
Робочі години	7,8
Плановий фонд працівника за рік,	1840

Коефіцієнт переведення явної чисельності в облікову:

$$K_{\text{обл.}} = \Phi_{\text{реж}} / \Phi_{\text{пл}}, \quad (6.3)$$

де $\Phi_{\text{реж}}$ – режимний річний фонд роботи підприємства, днів;

$\Phi_{\text{пл}}$ – плановий фонд роботи працівника за рік, днів.

$$K_{\text{обл.}} = 240/210 = 1,14$$

Розрахунки чисельності основних і допоміжних робітників наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Чисельність основних і допоміжних робітників

Професія, спеціальність	Кваліфік а-ційний розряд	Явочна чисельність по змінах		Зага- лом на добу	Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову	Обліко ва чисель- ність
		1-а	2-а			
Основні робітники						
Формувальник	IV	1	1	2	1,14	3
Заливальник	V	1	1	2	1,14	3
Стрижнювальник	IV	1	1	2	1,14	3
Вибивальник	III	2	1	3	1,14	4

Разом		5	4	9		13
Допоміжні робітники						
Кранівник	IV	1	1	2	1,14	3
Слюсар по ремонту устаткування	V	1	1	2	1,14	2
Разом		2	2			5
Управлінський персонал						
Начальник дільниці	-	1	-	1	-	1
Майстер	-	1	-	1	-	1
Разом		2		2		2
Усього працівників		9	7	17		20

6.1.2 Визначення фонду заробітної плати

Затрати на оплату праці є одним з основних елементів собівартості продукції. Вона складається:

- основної з / п;
- додаткової з / п;
- інших заохочувальних та компенсаційних витрат.

Основна зарплата – це винагорода за виконану працю відповідно з установленними нормами праці (норми часу, продуктивності, обслуговування, посадові зобов'язання).

Додаткова зарплата – це винагорода за працю окрім установленної норми, за успіхи в праці, за особливі умови праці, за винахідливість. Вона включає доплати, надбавки, премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій.

До інших заохочувальних і компенсаційних виплат належать виплати за підсумками роботи за рік, премії по спеціальних системах і положеннях, компенсаційні грошові і матеріальні виплати, які не передбачені актами законодавства та ін.

Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу наведено в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського персоналу

Професія, посада, спеціальність	Тарифна ставка, грн	Обліковий склад	Плановий фонд працівників	Основна заробітна плата, грн	Розрахунок додаткової плати, грн				
					Надбавки та доплати				Разом додаткова зарплата
					Премія 20 %	Особливі умови, 12 %	Відпустка, 12 %	Інші, 10 %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Основні робітники									
Формувальник	28	3	1840	154560	30912	18547,2	18547,2	15456	83462,4
Заливальник	32	3	1840	176640	35328	21196,8	21196,8	17664	95385,6
Стрижнювальник	28	3	1840	154560	30912	18547,2	18547,2	15456	83462,4
Вибивальник	26	4	1840	191360	38272	22963,2	22963,2	19136	103334,4
Разом				677120					365644,8
Допоміжні робітники									
Кранівник	23	3	1840	154560	30912	18547	18547	15456	83462,4
Слюсар по ремонту	24	2	1840	117760	23552	14131	14131	11776	63590,4
Разом		5		272320					147052,8
Управлінський персонал									
			Оклад за місяць			Річний фонд заробітної плати			
Начальник дільниці		1	6000			72000			
Майстер		1	5000			60000			
Разом		2	11000			132000			

Загальний фонд заробітної плати складає:

$$677120 + 365644,8 + 272320 + 147052,8 + 132000 = 1594137,6 \text{ грн}$$

6.1.3 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці розраховується як відношення річного об'єму виробництва до облікового складу всіх робітників цеху.

Таким чином, продуктивність праці (Π) – це річний об'єм продукції, виготовленої в розрахунок на одного робітника цеху.

$$\Pi = \frac{G}{\sum \text{Ч}}, \quad (6.4)$$

де G – обсяг продукції, виробленої цехом за рік, т;

$\sum \text{Ч}$ – чисельність працюючих всіх категорій.

Звідси:

$$\Pi = 4000/20 = 200 \text{ т на особу}$$

6.2 Економічна частина

6.2.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення у виробничі фонди цеху, що проектується складаються з капітальних вкладень в основні фонди (придбання обладнання, транспортних засобів, оснастки інструменту, інвентарю та будівельно-монтажні роботи) та оборотних нормованих засобів (витрати на утворення запасів матеріалів, швидкозношуваних інструментів, запасних частин для поточного ремонту обладнання та ін.). Вартість транспортування устаткування та його монтаж і наладку приймаємо у розмірі 15% від його ціни.

Розрахунок капітальних витрат на обладнання приведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок вкладень в устаткування

Найменування устаткування та його модель	Кількість, од.	Вартість за одиницю, т. грн	Загальна вартість, грн	Витрати на транспортування та монтаж, т. грн	Всього, т. грн
Основне технологічне устаткування					
Автоматична лінія КЛ91265СМ	1	218	218	32,7	250,7
Разом технологічного устаткування:					250,7
Допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					
Мостовий кран Q=3 т.	2	36	72	10,8	82,8
Стрічковий конвеєр	3	12,3	36,9	5,5	42,4
Разом допоміжне та підйомно-транспортне устаткування:					125,2
Загалом по цеху (дільниці):					375,9

Капітальні вкладення у виробничі будівлі та споруди визначають, виходячи з об'єму цеху і усереднених нормативів вартості будівельних конструкцій та промислових проводок.

Розрахунки капітальних вкладень (враховуючи середні ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт) на будівництво цеху приведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Розрахунки капітальних вкладень на будівництво цеху

Елементи капітальних вкладень	Одиниця вимірювання	Об'єм будівлі, м ³	Вартість, тис. грн	
			одиниці	загальна
Виробничі приміщення	м ³	16800	350	5880
Водопостачання			4,0	67,2
Каналізація			3,0	50,4
Електропроводка			5,5	92,4
Вентиляція			7	117,6
Всього:		6207,4		
Побутові приміщення	м ³	980	430	421,4
Водопостачання			4,5	4,41
Каналізація			10,5	10,29
Електропроводка			6	5,88
Вентиляція			7	6,86
Всього:		448,84		
Зовнішній благоустрій		2643	9	23,79
Невраховані витрати		2643	70	185,01
Загальна вартість будівлі:		6865,04		

Розраховуємо норматив оборотних коштів. Найбільшим за розміром є поточний запас матеріалів.

Середній поточний запас (Z_M) визначається за формулою:

$$Z_M = M_D \cdot \frac{T_{\text{пост}}}{2}, \quad (6.5)$$

де M_D – середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн;

$T_{\text{пост}}$ – інтервал поставки в днях (приймаємо в межах 15-30 днів).

Таблиця 6.6 – Розрахунок вартості сировини основних і допоміжних матеріалів на річну програму

Найменування видів сировини і матеріалів	Одиниця виміру	Витрати на річну програму	Оптова ціна за одиницю, грн	Коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати	Сума за річну потребу, грн.(тис.грн.)
Сировина та основні матеріали					
Кварцовий пісок 2K ₂ O ₂ O ₂	кг	628	7,6	1,1	47,76
Бентонітова глина ПІТ ₁	кг	938	8,2	1,1	8,46
Крохмаліт	кг	60,5	6,3	1,1	0,42
Рідке скло	л	120,5	10,2	1,1	1,35
Всього вартість матеріалів та сировини:					58,49

$$Z_M = 58490 \cdot 20/2 = 584900 \text{ грн}$$

Величину всіх інших елементів загального нормативу оборотних коштів (транспортного, підготовчого та резервного запасів матеріалів; незавершеного виробництва; витрат майбутніх періодів; готової продукції на складі та ін.) приймаємо на рівні 50% від розрахованого нормативу поточних запасів, що

складає 3,65 тис. грн. Загальний розмір капіталовкладень у формування оборотних коштів дорівнює сумі вартості всіх вказаних елементів.

Таким чином, загальний річний норматив оборотних коштів ($H_{\text{заг}}$) по об'єкту, що проектується, складе:

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot Z_{\text{м}}, \quad (6.6)$$

де $Z_{\text{м}}$ – норматив поточних запасів.

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot 584900 = 877350 \text{ грн}$$

Після цього розраховуємо загальні капітальні вкладення в об'єкт, що проектується (табл. 6.7).

Таблиця 6.7 – Загальні капітальні вкладення

Елементи капіталовкладень	Сума	
	тис. грн	%
1 Будівлі:		
1.1 виробничі	5880	82
1.2 Водопостачання виробничих приміщень	67,2	0,93
1.3 Каналізація	50,4	0,70
1.4 Електропроводка	92,4	1,28
1.5 Вентиляція	117,6	1,64
1.6 Зовнішній благоустрій	23,79	0,33
1.7 Невраховані витрати	185,01	2,58
2 Устаткування		
2.1 Основне технологічне	250,7	3,49
2.2 Допоміжне	125,2	1,74

(Продовження табл. 6.7)

3 Норматив оборотних коштів	378,3	5,27
Всього капіталовкладень у виробничі фонди	7170,6	100

6.2.2 Витрати на паливо та енергію

До цієї статті калькуляції відносять вартість річних затрат технологічних енергоносіїв: електроенергії, природного газу, пари, стиснутого повітря, гарячої води та ін. носіїв енергії. Суму витрат обчислюють у відповідності до норм витрат певних видів енергоресурсів і діючих тарифів та цін.

У разі відсутності норм витрат електроенергії використовують розрахунковий метод, за яким витрачання цього виду ресурсів визначають по встановленій потужності токоприймачів, планового фонду часу роботи відповідного устаткування та коефіцієнта втрат електроенергії.

Вартість витрат електричної енергії на освітлення та обладнання береться 1,81 грн. за кВт-год (згідно постанови НКРЕКП від 24.11.2016 р. №2019). Дані по енергозатратам приведені у таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Енергозатрати

Споживачі електроенергії	Вид енергоносія	Од. виміру	Річні витрати	Ціна електроенергії за 1 кВт·год	Вартість на рік, тис.грн
Операції у відповідності до технологічного процесу (технологічне та допоміжне устаткування	електроенергія	кВт·год	211328	2,42	511,4

)

Освітлення виробничих та побутових приміщень	електроенергія	кВт·год	17238	2,42	41,72
Господарчо- виробничі потреби	Технічна вода	тис. м ³	8,6	900	7,74
Загально річна вартість електроносіїв					560,86

6.2.3 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування

Стаття "Витрати на утримання і експлуатацію устаткування" є комплексною й охоплює амортизаційні відрахування на повне відтворення виробничого устаткування, підйомно-транспортних засобів; витрати на проведення усіх видів ремонту та міжремонтного обслуговування.

Норматив витрат на цю статтю встановлюється кожним підприємством у відсотках до статті "Основна заробітна плата технологічних робітників" або балансової вартості всього технологічного, допоміжного та підйомно-транспортного устаткування.

У разі відсутності даних по підприємству-аналогу, цей норматив можна приймати на рівні 30-50% від розрахованої суми капіталовкладень у даний вид основних засобів (табл. 6.4):

$$375,9 \cdot 0,4 = 150,36 \text{ тис. грн}$$

6.2.4 Загальновиробничі витрати

До цієї статті планової калькуляції належать:

- амортизація основних фондів та нематеріальних активів загальновиробничого призначення;
- витрати на управління виробництвом в межах виробничого об'єкта, що проектується (оплата праці апарату управління цеху чи ділянки з відрахуванням на соціальні заходи, витрати на службові відрядження, офісні витрати в межах цеху чи ділянки);
- витрати на утримання, експлуатацію та ремонт основних фондів загальновиробничого призначення;
- витрати на удосконалення технології та організації виробництва;
- витрати на освітлення, опалення, водопостачання виробничих приміщень;
- витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього середовища.

Загальновиробничі та загальногосподарські витрати встановлюють на рівні 100-250% від величини статті «Основна заробітна плата технологічних робітників»:

$$677,12 \cdot 1,5 = 1015,68 \text{ тис. грн}$$

6.2.5 Витрати внаслідок технічно неминучого браку та інші виробничі витрати

При калькулюванні собівартості продукції «Витрати внаслідок технічно неминучого браку» та «Інші виробничі витрати» часто об'єднують в одну статтю витрат, а іноді ці обидві статті включають до складу «Загальновиробничих витрат». Норматив вказаних витрат встановлюється по даним підприємства-аналога, а при відсутності таких даних на рівні:

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Втрати внаслідок технічного неминучого браку» та «Інші виробничі витрати» 5-15% від основної заробітної плати технологічних робітників:

$$677,12 \cdot 0,1 = 67,71 \text{ тис. грн}$$

6.2.6 Адміністративні витрати

Калькуляційна стаття «Адміністративні витрати» включає витрати на обслуговування та управління підприємством: оплата праці працівників апарату управління підприємством з відрахуванням на соціальні заходи; утримання, ремонт та обслуговування загальнозаводських основних фондів; витрати на підготовку та перепідготовку кадрів; оплата послуг банків; страхування майна підприємства; витрати на сторожову та пожежну охорону; податки та інші обов'язкові платежі тощо.

Значення цієї статті витрат встановлюється у відповідності до нормативу підприємства-аналогу, бо на різних підприємствах адміністративні витрати коливаються в межах 50-200% від основної заробітної плати технологічних робітників:

$$677,12 \cdot 0,8 = 541,2 \text{ тис. грн}$$

6.2.7 Витрати на підготовку та освоєння нового виробництва

До цієї статті належать витрати:

- на підготовку та освоєння нової продукції;
- на освоєння нових технологічних процесів;
- на запуск у виробництво нових цехів, дільниць і окремих агрегатів;
- на винахідництво і раціоналізацію.

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 96
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Норматив вказаних витрат встановлюють за даними підприємства-аналога, а у разі їх відсутності на рівні 30-50% від величини статті "Основна заробітна плата технологічних робітників":

$$677,12 \cdot 0,4 = 270,84 \text{ тис. грн}$$

6.2.8 Позавиробничі витрати на збут продукції

Дана стаття включає витрати на реалізацію продукції підприємства:

- відшкодування вантажно-розвантажувальних, складських, пакувальних, транспортних і страхових витрат;
- маркетингові витрати (реклама, участь у виставках, дослідження ринку);
- витрати на гарантійний ремонт та гарантійне обслуговування;
- сплата експортного мита, митних зборів тощо.

Величину витрат по цій статті студент уточнює під час переддипломної практики.

У відсотках до виробничої собівартості (сума 7-ти перших статей калькуляції) витрати на збут становлять близько 5-10%:

$$9777,25 \cdot 0,07 = 684,4 \text{ тис. грн}$$

9.2.9 Складання планової калькуляції собівартості продукції

На основі виконаних розрахунків розробляємо основний документ економічної частини проекту планова калькуляція собівартості продукції (табл. 6.9).

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.9 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Статті витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Планова ціна за од.	Витрати на річну програму, тис. грн
1 Основні матеріали				
- Кварцовий пісок	кг	628	7,6	47,76
- Бентонітова глина П1Т1	кг	938	8,2	8,46
- Крохмаліт	кг	60,5	6,3	0,42
- Рідке скло	л	120,5	10,2	1,35
2 Паливо та енергія для технологічних цілей	кВт · год	211328	2,42	511,4
2.1 Електроенергія				
3 Заробітна плата технологічних працівників				677,12
4 Додаткова заробітна плата технологічних працівників				365,64
5 Єдиний соціальний внесок (22%)				229,4
6 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування				150,36
7 Загальновиробничі та загальногосподарські витрати				1015,68
8 Витрати внаслідок неминучого технологічного браку				67,71
9 Адміністративні витрати				541,2
10 Витрати на підготовку та освоєння нового виробництва				270,84
11 Позавиробничі витрати на збут продукції				684,4
12 Інші виробничі витрати				3,7
Всього повна собівартість річного обсягу виробництва продукції				4575,44

Річна продуктивність цеху становить 4000000 кг, маса виробу складає 6,00 кг, то річна продуктивність відповідно 1333333 шт./рік.

Тому повна собівартість 1 продукції складає:

$$4575440 / 1333333 = 3,43 \text{ грн/шт.}$$

6.3 Оцінка ефективності проектних рішень

Порівняння здійснюємо за такими показниками:

- трудомісткість продукції (зворотний показник продуктивності живої праці);
- капіталомісткість (фондомісткість) продукції;
- період окупності капітальних витрат.

Трудомісткість продукції визначається, як відношення витраченої кількості праці до загального обсягу виробленої продукції. Технологічна трудомісткість одиниці продукції розраховується, як сума витрат часу по окремим операціям технологічного процесу. Менш точно технологічну трудомісткість одиниці продукції розраховується як сума витрат часу по окремим операціям технологічного процесу.

Менш точно технологічну трудомісткість (Т) у нормо-годинах можна розрахувати за формулою:

$$T = \frac{Ч_{\text{тех}} \cdot \Phi^{\text{пл}}}{Q}, \quad (6.7)$$

де $Ч_{\text{тех}}$ – загальна чисельність технологічних робітників, осіб;

$\Phi^{\text{пл}}$ – плановий фонд робочого часу за рік одного робітника, год.;

Q – повний річний обсяг виробництва продукції, т.

$$T = 16 \cdot 1840 / 4000 = 3,68 \text{ нормо-годин/т}$$

Капіталомісткість продукції (K_Q) визначається, як величина загальних капітальних витрат ($K_{\text{заг}}$) у будівництво чи реконструкцію цеху на технічне переоснащення виробництва до річного планового обсягу виробництва продукції:

$$K_Q = \frac{K_{\text{заг}}}{Q}, \quad (6.8)$$

$$K_Q = 6865040 / 4000 = 858,13 \text{ грн/т}$$

Грошовий потік за рік розраховується як сума чистого прибутку та амортизаційних відрахувань, визначених за рік експлуатації спроектованого об'єкту:

$$\Gamma\Pi_p = 0,82 \cdot (Ц - C_{\Pi}) \cdot Q + \sum A, \quad (6.9)$$

де 0,82 – коефіцієнт, який враховує частку чистого прибутку у валому прибутку;

C_{Π} – повна собівартість одиниці продукції, грн;

$Ц$ – ринкова відпускна ціна одиниці продукції, грн;

Q – повний річний обсяг виробництва продукції (8000), т;

$\sum A$ – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

Загальна річна сума амортизаційних відрахувань розраховується, виходячи з вартості основних фондів та встановлених норм амортизаційних відрахувань (табл. 6.10).

					ФЛ51.5102.1110.001ПЗ	Арк. 100
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.10 – Розрахунок сум річних амортизаційних відрахувань

Об'єкт амортизації	Ціна, грн	Відсоток амортизації	Сума амортизаційних відрахувань, грн
Будівлі	6865040	8	549203,2
Обладнання	250700	24	60168
Всього амортизаційних відрахувань			609371,2

$$\Gamma\Pi_p = 0,82 \cdot (3150 - 2922) \cdot 8000 + 609371,2 = 2105051,2 \text{ грн}$$

Найбільш розповсюдженим показником економічної ефективності капітальних витрат на нове будівництво, реконструкцію, впровадження нового обладнання чи технологію, є період окупності капітальних витрат ($\Pi_{ок}$), який має критеріальний характер:

$$\Pi_{ок} = \frac{K_{заг}}{\Gamma\Pi_p} < \Pi_{ок}^H \quad (6.10)$$

де $\Gamma\Pi_p$ – річна сума грошового потоку, грн;

$\Pi_{ок}^H$ – нормативний період окупності, 5-7 років.

$$\Pi_{ок} = 6865040 / 2105051,2 = 3,26 \text{ роки}$$

Розроблений проект є економічно доцільним.

Перелік техніко-економічних показників наведений в таблиці 6.11.

Таблиця 6.11 – Перелік техніко-економічних показників

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Річний плановий обсяг виробництва продукції (Q)	т	4000
Загальна площа ділянки	м ²	16800
Виробнича площа ділянки	м ²	980
Капіталомісткість продукції (K _Q)	грн	858,13
Загальна чисельність працівників	осіб	20
Загальний річний фонд заробітної плати	грн	1594137
Середньомісячна зарплата одного працівника	грн	5500
Річний виробіток на одного працівника	т/особу	400
Технологічна трудомісткість продукції (Т)	Нормо-години/т	3,68
Повна собівартість одиниці продукції	грн/шт	3,43
Період окупності (П _{ок})	років	3,26

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Вступ

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. [14]

Головним напрямком охорони праці в розвитку ливарного виробництва є створення та впровадження безвідходних та маловідходних прогресивних технологічних процесів виробництва, а також створення на робочих місцях безпечних та комфортних умов праці. [14]

Метою цього розділу є аналіз небезпечних та шкідливих чинників, які виникають при роботі у ливарному відділенні та розробка заходів та засобів їх усунення. [14]

7.2 Правові та організаційні питання охорони праці на підприємстві

Основні положення щодо охорони праці наведені в Законі України «Про охорону праці».

Згідно статті 13, Закону України «Про охорону праці» директор підприємства зобов'язаний забезпечити на робочому місці та у кожному структурному відділенні умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечення нормативно-правових вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. [15]

За статтею 14, працівник несе безпосередню відповідальність за порушення вимог техніки безпеки. Основну відповідальність несе робітник. [15]

					ФЛ51_Бичков В.			
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ	Літера	Арк	Аркуші
Розроб		Бичков В.А.						
Перев		Лук'яненко І.В.					103	114
Н. Контр.		Федоров Г.Є.				КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ ФЛ-51		
Затверд.								

За статтею 15, на підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають відповідну підготовку. [15]

Відповідальний за техніку безпеки начальник цеху/майстер.

7.3 Аналіз параметрів приміщення

Формувальне відділення, яке зображено на рисунку 7.1 під номером 2, складається із ділянок машинного формування. У формувальному відділенні виготовляють різноманітні запчастини по державному замовленню, а також комерційного замовлення.

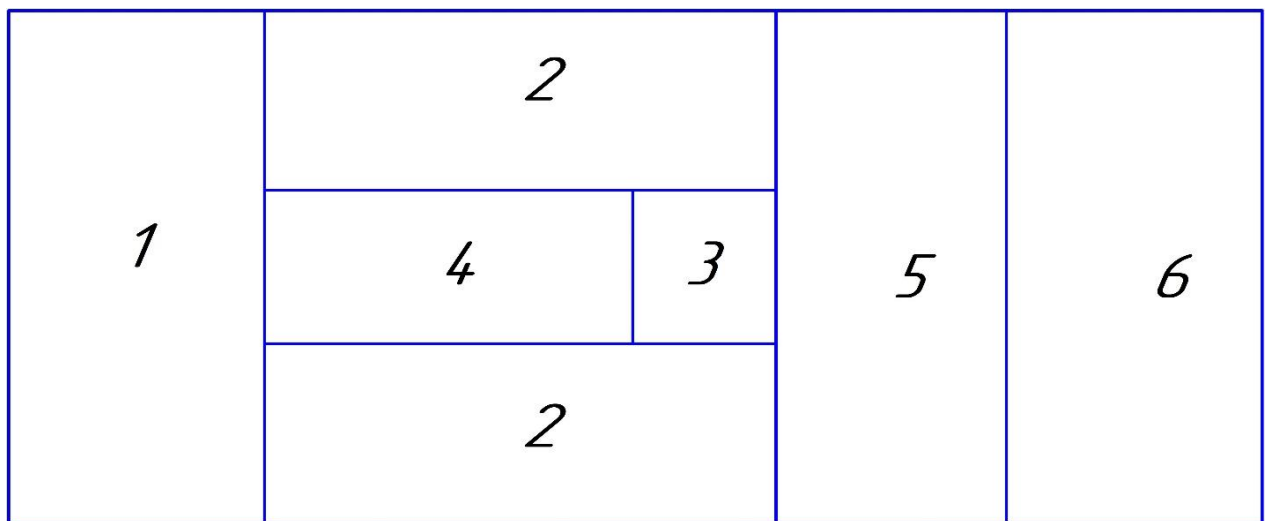


Рисунок 7.1 – Схема планування ливарного цеху

1 – плавильне відділення і склад шихтових матеріалів; 2 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення; 3 – сумішоприготувальне відділення; 4 – стрижневе відділення; 5 – відділення фінішних операцій; 6 – склад готової продукції [16]

7.4 Аналіз мікроклімату цеху

Мікроклімат виробничих приміщень – це умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін праць і

оточенням. Мікроклімат характеризується показниками: температура, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання. [14]

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками:

- температура повітря, С°;
- відносна вологість повітря, %;
- швидкість руху повітря, м/с;
- ітенсивність теплового випромінювання, Вт/м2.

Оптимальні величини температури, вологості і швидкості руху повітря являються (ДСНЗ.3.6.042-99):

Таблиця 7.1 – Оптимальні і допустимі величини

Період року	Пб	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Опт.	Допус.	Опт.	Допус.	Опт.	Допус.
Холодний		17...19	15...21	40...60	75	0,2	0,3...0,4
Теплий		20...22	15...27	40...60	70	0,3	0,2...0,5

Для дотримання відповідного мікроклімату в цеху, в холодну пору року він обігрівается. Для дотримання швидкості руху і вологості повітря цех обладнується вентиляцією. [14]

7.5 Аналіз освітленості приміщення

Залежно від джерел світла освітлення може бути природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу; штучним, що створюється електричними джерелами світла та суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним. Основним нормативним документом, відповідно до якого здійснюється

нормування освітлення в нашій країні є ДБН В.2.5-28-2006. У формульованому відділенні, що проектується, має місце штучне та природне освітлення. У відповідності до ДНБ В.2.5–28–2006, розряд зорової роботи – VIII: штучне освітлення при системі загального освітлення складає 100 лк.

При системі комбінованого штучного освітлення необхідно, щоб світильники загального освітлення створювали не менше 10% нормованого освітлення. Затемнення робочих місць мостовими кранами повинно бути компенсоване допоміжними світильниками, установленими на еластичних підвісках на кранах. [14]

Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад гостроти зору; світлові відблиски — тимчасове засліплення. [14]

Правильно організоване освітлення позитивно впливає на діяльність центральної нервової системи, знижує енерговитрати організму на виконання певної роботи, що сприяє підвищенню працездатності людини, продуктивності праці і якості продукції, зниженню виробничого травматизму. [14]

7.6 Шум і вібрація

Джерелами шуму є технологічне устаткування: автоматичні лінії, формувальні пневматичні машини, кран мостовий та роздатні бункери.

Обслуговування встановленого устаткування передбачено стоячи. Відділення, що проектується оснащено устаткуванням, яке як правило являється джерелом шуму. У відповідності до ДСН 3.3.6.037 – 99, максимально припустимий рівень звуку у виробничих відділеннях складає 80 дБ. [14]

					ФЛ51_БИЧКОВ В.	Арк. 106
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шкідливий вплив інтенсивного шуму на слух приводить до його часткової або повної втрати. Через волокна слухових нервів роздратування шумом передається в центральну і вегетативну нервові системи, а через них впливає на внутрішні органи, приводячи до значних змін у функціональному стані організму, впливає на психічний стан людини. Тривалий вплив шуму на людину призводить до зниження пам'яті, запаморочення, підвищеної стомлюваності, дратівливості тощо.

Характерними ознаками шкідливого впливу вібрації на людину є можливі зміни у функціональному стані: підвищена втома, збільшення часу моторної реакції, порушення вестибулярної реакції. Медичними дослідженнями встановлено, що вібрація є подразником периферичних нервових закінчень, розташованих на ділянках тіла людини, що сприймають зовнішні коливання. [14]

Для зменшення шуму встановлюють віброізолюваний фундамент і амортизатори під обладнання, для попередження передачі вібрації на будівельні конструкції; відокремлюють менш шумні дільниці і конторські приміщення стінками і перегородками, які мають досить велику звукоізоляцію. Використовують засоби індивідуального захисту (наушники).

7.7 Аналіз загазованості та запиленості

Виділення пилу в відділенні відбувається при завантаженні формувальної суміші в бункер, при формовці, та при вибивці виливків з форми. В процесі заливання форм відбувається виділення газів внаслідок угару металу. Шкідливі речовини, що зустрічаються в відділенні, діють на організм наступним чином:

- оксид вуглецю (CO) – головний біль, нудота, втрата свідомості;
- пил – захворювання силікозом та іншими небезпечними захворюваннями. [14]

					ФЛ51_БИЧКОВ В.	Арк. 107
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шкідливі речовини, що виділяються при роботі відділення, можна віднести до двох (III, IV) з чотирьох класів небезпеки в залежності від ГДК (гранично допустима концентрація), яка визначається за ГОСТ 12.1.005-88, СН 245-71. [14]

Для зменшення дії шкідливих речовин на працівників в відділенні встановлена припливно-витяжна вентиляція.

7.8 Електробезпека

В формувальному відділенні, що проектується, від електричного струму живиться наступне устаткування: Автоматична лінія (380V), Мостовий кран(380V).

Джерелами ураження електричним струмом є електричні установки. Електричні травми можуть причиняти наступні фактори:

- невідповідність електроустановок, засобів захисту і приладів вимогам безпеки;
- невиконання технічних заходів безпеки;
- організаційно-соціальні причини.

Як безпосередні причини потрапляння людей під напругу виділяються:

1. Дотик до неізолюваних струмовідних частин електроустановок, які знаходяться під напругою, або до ізолюваних при фактично пошкодженій ізоляції – 55%;
2. Дотик до не струмопровідних частин електроустановок або до електрично зв'язаних з ними металоконструкцій, які опинилися під напругою в результаті пошкодження ізоляції – 23%;
3. Дія напруги кроку – 2,5%;
4. Ураження через електричну дугу – 1,2%;
5. Інші причини – менше 20%.

Електричні травми можуть спричиняти наступні фактори: невідповідність електроустановок, засобів захисту і приладів вимогам безпеки; невиконання технічних заходів безпеки; організаційно-соціальні причини. [14]

Безпечність експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується наступними захисними заходами: застосуванням ізоляції, недоступністю струмопровідних частин, застосуванням малих напружень, захисним заземленням і використанням електро-захисних засобів. [14]

7.9 Пожежна безпека

Основні причини виникнення пожежі в ливарному цеху – загорання електропроводки, використання легкозаймистих речовин, наявність відкритого джерела вогню.

Категорія приміщення по пожежній безпеці Г (ОМТП24 – 86).

При виникненні пожежі необхідно мати вогнегасники ОУ – 2, ОУ – 5, ОУ – 8 або ОП – 1, ОП – 2, ОП – 5, ОП – 10.

Для забезпечення в цеху пожежної безпеки передбачені наступні заходи:

- навколо цеху повинен бути розміщений зовнішній водопровід, який має гідранти, розташовані через 100 м;
- біля цеху повинні бути передбачені проїзні дороги;
- біля можливих місць виникнення пожежі, розміщується такий інвентар: ящики, пожежні ломы, багри, сокири, азбестове полотно;
- всі ємності з паливом та вибухонебезпечними речовинами ізолювані і розташовані на необхідній відстані від можливих джерел появи полум'я;
- на випадок виникнення пожежі передбачена сигналізація та прямий телефонний зв'язок з пожежною охороною.

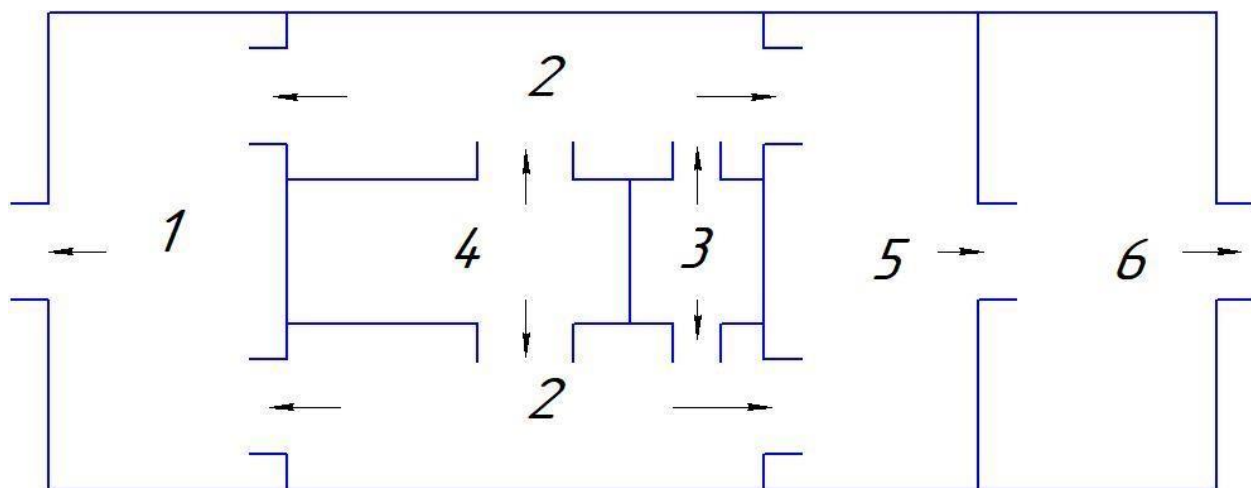


Рисунок 7.2 – План ливарного цеху зі схемою евакуації

ВИСНОВКИ

При виконанні дипломного проекту розроблено технологічний процес виготовлення виливка «Кришка масляного насосу».

1. Спосіб виготовлення – лиття в сирі разові об'ємні піщано-глинясті форми.

2. Обрано технологічну оснастку, розроблено стрижневий ящик для виготовлення стрижня, вибрано склади формувальної та стрижневої сумішей.

3. Спроектовано формувально-складально-заливально-вибивальне відділення ливарного цеху, яке забезпечує оптимальну роботу для виготовлення річної програми.

4. Проведені економічні розрахунки, що підтверджують доцільність роботи відділення, обраного устаткування та розробленої технології.

5. Проведено аналіз охорони праці, який включає техніку безпеки працівника на підприємстві (відділенні в нашому випадку). Оцінено загрози і потрібні вимоги щодо забезпечення роботи у нормальному стані та режимі.

					ФЛ41.4111.1110.001ПЗ						
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб		Панконін К.А.			ВИСНОВКИ			Літера	Арк	Аркуші	
Перев										111	114
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затверд.											

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту за освітньо-кваліфікаційним рівнем підготовки «бакалавр». Напрямок підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво / Уклад.: Г.Є. Федоров, В.М. Дробязко, Л.М. Сиропоршнєв, М.М. Ямшинський. – К.: ВПК «Політехніка», 2011. – 67с.
2. <http://delta-grup.ru/bibliot/22/11.htm>
3. Проектування ливарних цехів: підручн.: у 2 ч. / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч. 1. – 588с. – Бібліогр.: с. 582. – 100 пр.
4. https://dnaop.com/html/46413/doc-%D0%A1%D0%9D_245-71
5. Фанталов Л.И. Основы проектирования литейных цехов и заводов. / Фанталов Л.И., Кнорре Б.В., Четверухин С.И. // М.: Машиностроение. – 1979. – 376 с.
6. http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/sto/25L
7. Дорошенко С.П. Опоки ливарні. / Дорошенко С.П., Федоров Г.Є., Ямшинський М.М., Фесенко А.М., Фесенко М.А. // К.: ДДМА – 2008. – 120 с.
8. Емельянова А.П., Технология литейной формы: Учеб. Пособие. – М.: Машиностроение, 1979. – 240 с
9. Дорошенко С.П. Формувальні суміші: Навч. Посібник.- К.: ІЗМН, 1997. – 140 с.
10. В.Я. Сафронов Справочник по литейному оборудованию. М.: Машиностроение, 1985, – 320 с.
11. https://uk.wikipedia.org/wiki/Ливарний_пригар

					ФЛ41.4111.1110.001ПЗ			
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб		Панконін К.А.			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		Літера	Арк
Перев								112
								114
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затверд.								

12. Виробництво виливків із спеціальних сталей. – К.: Видавництво НТУУ «КПІ», 2005. – 712 с.

13. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. – 134 с.

14. Безпека життєдіяльності : підручник для студ. вищ. навч. закладів / Є. П. Желібо, В. В. Зацарний. Київ : Каравела, 2006. 288 с.

15. <http://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12>

16. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту за освітньо-кваліфікаційним рівнем підготовки «бакалавр». Напрямок підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво / Уклад.: Г.Є. Федоров, В.М. Дробязко, Л.М. Сиропоршнєв, М.М. Ямшинський. – К.: ВПК «Політехніка», 2011. – 67с.

					ФЛ41.4111.1110.001ПЗ	Арк. 113
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ФЛ41.4111.1110.001ПЗ							
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб		Панконін К.А.			ДОДАТКИ			Літера	Арк	Аркуші		
Перев									114	114		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.										
Затверд.												

